ปีการศึกษา 2535

การวัดและวิเคราะห์ค่ากรดเบส

measure and analysis pH

โดย

ชื่อนักศึกษา

นายพิชัย เรืองสุขสรีวงศ์ รหัส 321212

ชื่อนักศึกษา

นายศิเวษฎ์ ธนะวัฒน์สัจจะเสวี รหัส 321336

อาจารย์ที่ปรึกษา

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์วิทยา ทิพย์สุวรรณพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032766

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2535

ภาควิชา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การวัดและวิเคราะห์ค่ากรดเมล

ผู้จัดทำ

1

2

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(วิทยา ทิพยสุวรรณพร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032766

การวัดและวิเคราะห์ค่ากรดเบส

พิชัย เรืองสุขศรีวงศ์
ศิเวษฎ์ ธนะวัฒน์สัจจะเสรี
อาจารย์วิทยา ทิพย์สุวรรณพร อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2535

บทคัดย่อ

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์และควบคุมระดับค่า pH โดยควบคุมที่การเติมปริมาตรของสารเคมีที่ใช้เป็นตัวควบคุมระดับค่ากรดเบส ให้กลับเข้าไปสู่ช่วงที่ต้องการควบคุม ซึ่งค่าที่ได้จะนำไปวิเคราะห์บันทึกข้อมูลเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง โดยแบ่งการทำงานของเครื่องมือออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนของการวัดค่าความเป็นกรดเบส (pH meter) และ ส่วนเชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์

ในส่วนของการวัดค่าความเป็นกรดเบสนั้น จะใช้อิเลคโตรดเป็นตัววัดสัญญาณจากสารละลาย แล้วทำการขยายสัญญาณที่เข้ามาเนื่องจากค่าสัญญาณที่รับเข้ามาจากอิเลคโตรดมีค่าต่ำมาก จากนั้นนำสัญญาณที่รับมาแปลงสัญญาณ จากสัญญาณอนาลอก(Analog)เป็นดิจิตอล(digital) เพื่อที่จะเป็นข้อมูลส่งเข้าไปในคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะทำการวิเคราะห์ข้อมูล และแสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงระดับค่า pH ต่อปริมาณสารที่เติมเข้าไป เพื่อใช้เป็นแนวทางในการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

measure and analysis pH

Pichai Ruangsuksriwong

Siwate Thanawatsatchaseri

Vittaya Tipsuwanporn Advisor

1992

Abstract

This thesis is about how to analyze and control pH level. There are two parts in this project: pH meter , using IBM PC to analyze and control.

First electrode detects free H^+ in the solution. We make a circuit which recieve the signal from electrode and display the pH level, then the signal is converted from analog signal to digital signal by analog to digital converter. Now the computer knows the pH level. Finally the computer will analyze and plot graph that show pH level and volume of solution.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ.....1

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ.....3

บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง.....35

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....50

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....56

ภาคผนวก

กิตติกรรมประกาศ

หนังสืออ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมได้มีการทางด้านอุตสาหกรรมเคมีได้เจริญเติบโตมาพร้อมกับเทคโนโลยีที่ได้พัฒนาขึ้นเรื่อย ๆ ทุกวัน ระบบเครื่องมือวัดและควบคุมที่ได้พัฒนาขึ้นมามีความถูกต้องแม่นยำในการทำงานมากขึ้นเรื่อย ๆ ในส่วนของการพัฒนาระบบเครื่องมือวัดจะต้องมีการวิเคราะห์ให้มีความผิดพลาดน้อยที่สุด เพื่อที่จะสามารถนำไปใช้งานได้ดีที่สุดถูกต้องที่สุด

ในส่วนของโครงงาน(project) 1 และ 2 นี้ เป็นการนำงานเกี่ยวกับงานทางด้านการควบคุม,วิเคราะห์และวัดความเป็นกรดเบส โดยในส่วนที่ควบคุมจะมีค่าจะทำได้โดยมีเงื่อนไขในการควบคุมเบื้องต้นดังนี้คือ ถ้า pH มีค่า pH ไม่อยู่ในช่วงที่เราต้องการคือ

1.ถ้ามีค่า pH ต่ำกว่าที่เราต้องการแก้ไขโดยการเติมเบสลงไป

2.ถ้ามีค่า pH สูงกว่าที่เราต้องการแก้ไขโดยการเติมกรดลงไป

การชี้งตั้งจากระดับ pH ที่ต้องการ ถ้าระดับ pH ที่วัดได้แตกต่างกับระดับ pH ที่ตั้งไว้เกินกว่าที่กำหนด controller ก็จะควบคุมให้ valve ปล่อยสารเคมีลงไปใน Solution จนถ้าระดับ pH ที่วัดได้ไม่แตกต่างกับระดับ pH ที่ตั้งไว้

ในการทำ pH คอมโทรล เราจะต้องทราบค่า pH ก่อน จึงต้องมีส่วนที่เป็น pH มิเตอร์ในการวัดก่อน ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้สามารถทราบค่า pH ของสารละลายขณะนั้น การวัดค่า pH อย่างคราว ๆ อาจจะใช้ pH อินดิเคเตอร์ โดยเปลี่ยนสีของกระดาษที่ pH ต่างๆ แต่เมื่อต้องการให้ได้ค่า pH ที่มี ความถูกต้องมากยิ่งขึ้นจึงมีการสร้างเครื่องมือที่ใช้วัดค่า pH โดยละเอียดขึ้นมา ก็คือ pH มิเตอร์ pH มิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดที่ใช้สำหรับวัดค่ากรดและเบส เพื่อให้ทราบค่าที่เป็นตัวเลขที่แน่นอนโดยสถานะกลางจะมีค่า pH 7.00 และ กรดจะมีค่า pH ในอยู่ระหว่าง 0-7.00 และเบสจะมีค่า pH อยู่ในระหว่าง 7.00-14.00 ประโยชน์โดยทั่วไปแล้ว pH มิเตอร์ จะใช้วัดค่าความเป็นกรดเบสเมื่อต้องการที่จะทราบว่าสารที่ต้องการวัดมีค่า pH เท่าไร ตัวอย่างเช่นการหา pH ในเพื่อใช้ในการติเตรชั่นหรือในการหาสารละลายบัฟเฟอร์ เป็นต้น ในโรงงานอุตสาหกรรมจำเป็นต้องมี เพราะในปัจจุบันกฎหมายได้กำหนดเอาไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ของ pH คอมโทรลก็จะมีประโยชน์ในการควบคุมระดับค่า pH โดยส่วนใหญ่มักจะมีใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เช่นโรงงานอุตสาหกรรมประเภทกระดาษซึ่งจำเป็นต้องใช้ทั้งกรดและเบสในการฟอกสีของกระดาษ โรงงานอุตสาหกรรมประเภทอุตสาหกรรมอาหารแทบทั้งสิ้นเพื่อที่จะสามารถควบคุมค่า pH ไม่ให้เปลี่ยนเนื่องจากถ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงแล้วจะเป็นผลให้อาหารเกิดการเน่าเสียได้และอื่น ๆ เช่นบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำทะเลซึ่งจำเป็นจะต้องมีการควบคุม pH เนื่องจากค่า pH มีผลต่อออกซิเจนในน้ำ ปริมาณความเข้มข้นของเกลือที่มีอยู่ในน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

หลักการทำงานของ pH อิเลคโตรด

pH อิเลคโตรด ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

<u>อิเลคโตรด แบบแก้ว</u> ทำหน้าที่คล้ายกับแหล่งจ่ายไฟขนาดเล็ก จะมีค่าโวลท์เปลี่ยนแปลงไปตาม pH ของสารละลายที่จุ่มเข้าไป ซึ่งโวลท์ที่เกิดขึ้นจากปรากฏการณ์ดังรูป โวลท์ ที่เกิดขึ้นจาก อิเลคโตรด แบบแก้ว เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิออนไฮโดรเจนอิสระ และ ค่าของ E_o จะถูกสมมุติให้มีค่าเท่ากับ 0 เมื่อ pH เท่ากับ 0 อิเลคโตรด อ้างอิงจะทำหน้าที่คล้ายกับแหล่งจ่ายไฟเหมือนกัน แต่ไม่เหมือนกับ pH อิเลคโตรด

<u>อิเลคโตรด อ้างอิง</u> มีส่วนประกอบซับซ้อนที่สุดในการวัดค่า pH ในการใช้งานเมื่อการวัดค่า pH เกิดปัญหาขึ้นต้นเหตุของปัญหา 70 % มักจะเกิดจากอิเลคโตรด อ้างอิง อิเลคโตรด อ้างอิง ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ อุปกรณ์ภายใน (สาย Ag ซึ่งเคลือบด้วย AgCl หรือสาย Pt ซึ่งถูกเคลือบด้วยสารประกอบ คาโลเมล(Hg_2Cl_2),สารละลายที่ใช้เติม, จุดเชื่อมที่สารละลายที่เติมสามารถซึมผ่าน อิเลคโตรด ได้

เพื่อที่จะเข้าใจหน้าที่ของ อิเลคโตรด อ้างอิง โดยให้คิดว่าเป็นการวัด โวลเตท ของแบตเตอรี่ ด้วย โวลท์มิเตอร์ เราจะไม่สามารถวัด โวลเตท ได้ ถ้าขั้วหนึ่งของแบตเตอรี่ ไม่ได้ต่อเข้ากับมิเตอร์ ฉะนั้นต้องต่อขั้วทั้ง 2 ขั้วเข้ากับมิเตอร์จึงจะสามารถอ่านค่าได้

pH อิเลคโตรด จะเปรียบเสมือน แบตเตอรี่ ในตัวอย่างนี้ สายภายใน pH อิเลคโตรด จะต่อเข้ากับขั้วของ มิเตอร์

อิเลคโตรด อ้างอิง เปรียบเป็นเหมือนขั้วที่เหลือของ มิเตอร์ ซึ่งจะทำให้วงจรทำงานสมบูรณ์และสามารถวัดค่า โวลเตท ที่เกิดขึ้นหรือเปลี่ยนแปลงที่ pH อิเลคโตรด ได้ ในความเป็นจริง pH อิเลคโตรด และ อิเลคโตรด อ้างอิง ถูกจุ่มลงไปในสารละลาย โดยสารละลายที่เติมใน อิเลคโตรด อ้างอิง จะไหลเข้าไปในสารตัวอย่าง เข้า pH อิเลคโตรด เป็นอันว่าครบวงจร ถ้า อิเลคโตรด ทั้ง 2 ไม่ได้จุ่มในสารเดียวกันก็จะใช้ไม่ได้โวลเตทที่วัดได้ในระบบจะเหมือนกับการอ่านค่าการเปลี่ยนแปลงของ pH ซึ่งจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดของปัญหาในการวัดค่า pH

วงจรขยายสัญญาณ

โวลเตทที่มาจากอิเลคโตรด จะเข้าสู่วงจร ขยายสัญญาณ โดยผ่านสาย BNC ซึ่งเป็นสายที่ใช้เชื่อมระหว่าง อิเลคโตรด กับ วงจร ขยายสัญญาณ ในส่วนที่เกิดจากการที่ โวลเตท ที่เข้ามาอาจจะผิดพลาด ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิจะเป็นตัวสำคัญที่ทำให้เกิดความผิดพลาด

ผลของอุณหภูมิ

pH อิเลคโตรด จะขึ้นกับ อุณหภูมิ และควรที่จะชดเชยค่าความผิดพลาดที่เกิดจากอุณหภูมิในวงจร pH มิเตอร์ ได้โดยใช้สมการของ Nennst equation

$$E = E_x + 2.3\ RT_k \log(a_i)/nF$$

E_x = ค่าคงที่ซึ่งขึ้นกับค่า อิเลคโตรด อ้างอิง

R = ค่าคงที่

T_k = อุณหภูมิ (K)

n = ประจุไอออน

F = ค่าคงที่

สำหรับการวัด pH เราจะสนใจ H+

$$2.3\ RT_k / nF = 59\ mV$$

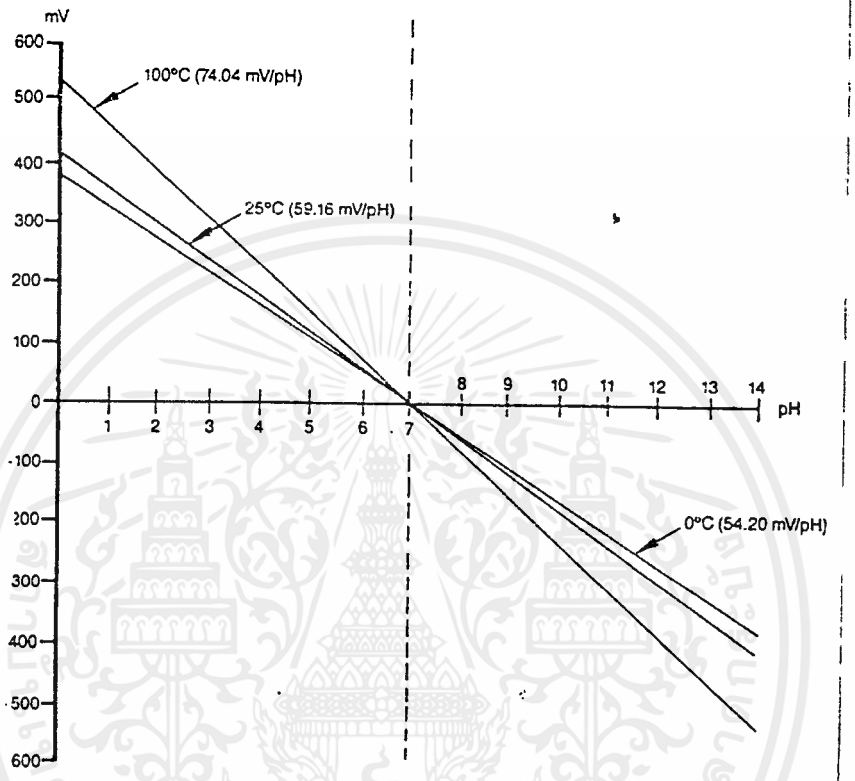
เมื่อ n = 1 และ T = 25 C

$$E = E_x - 1.98\ T_k pH$$

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารละลายจะเปลี่ยนค่า โวลเตทเอาท์พุทของ กราส pH อิเลคโตรด ตามสมการของ Nennst equation

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากอุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงโดยเปลี่ยนแปลงเป็นกราฟเส้นตรง ฉะนั้นเราจะต้องออกแบบ ในส่วนที่จะต้องชดเชยค่า ออฟเซ็ท ที่เกิดขึ้นจากอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 กราฟแสดงค่าศักดาไฟฟ้าที่ pH ต่างๆ

รูปต่อไปนี้แสดงค่าของ โวลเตท ที่เปลี่ยนไป ที่อุณหภูมิ 100 C , 25 C และ 0 C จากรูป สโลป 3 เส้น ที่ pH 7 จะมี โวลเตท เท่ากับ 0 mV เท่ากัน เมื่อการทำงานอยู่ใกล้ ๆ 7.00 pH ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องชดเชยอุณหภูมิ อย่างไรก็ตามถ้า pH มีค่าต่างจาก 7.00 มาก ๆ เช่น pH 3.0 หรือ pH 11.0 เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป 15 C จะทำให้เกิดค่าความผิดพลาดขึ้น 0.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์จะได้ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเท่ากับ 0.03 error /pH unit /10 C

การชดเชยอุณหภูมิมีอยู่ 2 แบบ คือ การวัดแบบ ปรับมือ หรือ อัตโนมัติ

แบบ pH มิเตอร์ ปรับมือ จะทำการเซ็ทค่าอุณหภูมิไว้โดยประมาณ

แบบ ชดเชยอุณหภูมิอัตโนมัติ (ATC) จะมีสัญญาณจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปส่งไปที่ pH มิเตอร์ ซึ่งจะทำให้ได้ค่า pH ที่วัดมีความถูกต้องยิ่งขึ้นไปอีก ในการชดเชยอุณหภูมิในโครงงานนี้ใช้ แบบ ปรับมือ

เมื่อ โวลเตท ที่เข้ามาเป็น 0 mV ในตัว อิเลคโตรด หรือในวงจรอาจจะมีค่าออฟเซ็ทเกิดขึ้นทำให้ต้องปรับค่า สอบเทียบ เพื่อชดเชยค่า ออฟเซ็ท ที่เกิดขึ้นโดยจะต้องปรับให้จอ แสดงผลเท่ากับ 7.00 pH

เมื่อวัด pH 4.00 pH และ 10.00 pH ในตัว อิเลคโตรด อาจจะมีค่า ออฟเซ็ทไม่เหมือนกันในแต่ละตัว และ อิเลคโตรด เมื่อใช้ไปนาน ๆ ก็มีการเสื่อมสภาพ ทำให้ต้องปรับค่าสโลป เพื่อชดเชยค่า ออฟเซ็ท ที่เกิดขึ้นโดยปรับให้ ส่วนแสดงผลเท่า pH 4.00 และ 10.00 pH ตามลำดับ ซึ่งแล้วแต่การใช้งาน

วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล และ ส่วนแสดงผล (Display)

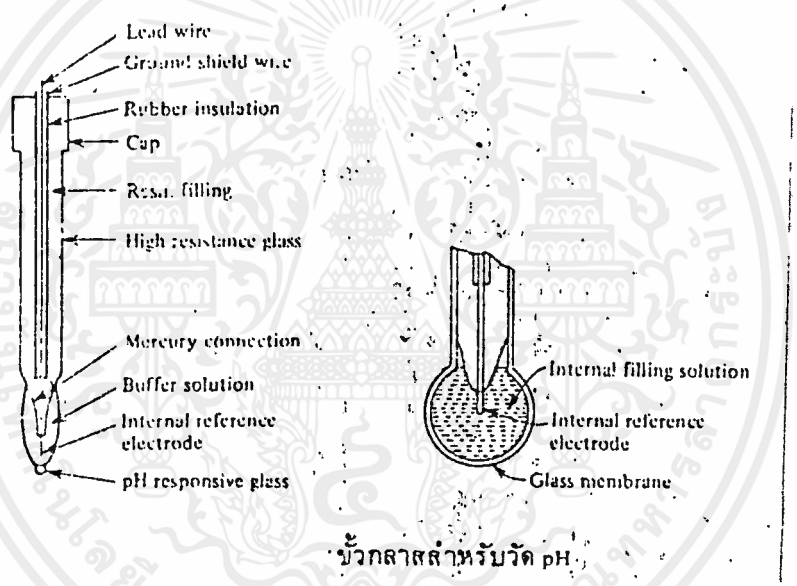
วงจร A/D จะรับสัญญาณมาจาก เอาท์พุท ที่มาจากวงจรขยาย ซึ่งเป็นสัญญาณอนาลอก แปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล และนำสัญญาณที่แปลงแล้วไปแสดงผลบนจอ LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของอิเลคโตรด จะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นที่ใช้สำหรับวัด pH (กราสอิเลคโตรด for pH measurement)

ขั้นกลาสที่ใช้วัด pH ของสารละลายมีลักษณะดังรูปข้างล่าง สารละลายอิเลคโตรไลต์ที่บรรจุอยู่ภายในคือ กรดเกลือ HCL และมีขั้ว Ag/AgCL เป็นขั้วอ้างอิงภายในเพื่อทำให้สามารถต่อเซลล์ได้ครบวงจรศักย์ไฟฟ้าของขั้วเซลล์ขึ้นกับความเข้มข้นของ HCL ที่อยู่ภายนอก โดยมีกลาสเมมเบรนเป็นตัวกั้นระหว่างสารละลาย HCL ภายนอกและภายใน



รูปที่ 2 รูปแสดงกลาสอิเลคโตรดที่ใช้ในการวัดค่า pH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อต้องการวัด pH ของสารละลายต้องใช้ขั้วกลาสเป็นตัวชี้บอก และขั้วคาโลเมลอิ่มตัวเป็นขั้วอ้างอิง จุ่มลงในสารละลายที่ต้องการวัดค่า pH แล้วต่อเข้ากับเครื่อง pH มิเตอร์

$Ag/AgCl(sat'd), [CL^-] = 1.0\ F, [H_3O^+] = a$ / Glass เมมเบรม / $[H_3O^+] = a$ // SCE

จากสัญลักษณ์ของเซลล์ข้างต้นแสดงว่า ใช้ขั้วอ้างอิง SCE เป็นขั้วแคโทด ศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายในเซลล์มีค่าดังนี้

$$E_{cell} = E_{SCE} - E_{Ag/AgCl} + E_j + (V_2 - V_1) \quad \ldots\ldots\ldots\ (1)$$

E_j คือ ศักย์ไฟฟ้าที่รอยต่อของสารละลายระหว่างขั้ว SCE กับสารละลายที่ต้องการวิเคราะห์

V_2 คือ ศักย์ไฟฟ้าที่รอยต่อระหว่างกลาสเมมเบรนกับสารละลาย $[H_3O^+]$ ที่ต้องการวิเคราะห์ (a_1)

V_1 คือ ศักย์ไฟฟ้าที่รอยต่อระหว่างกลาสเมมเบรนกับสารละลาย $[H_3O^+]$ ที่อยู่ในกลาส (a_2)

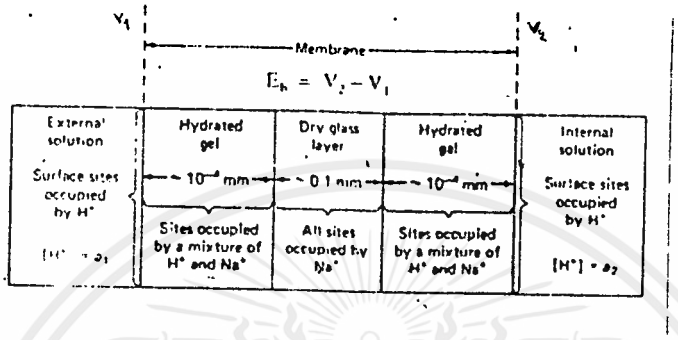
เนื่องจาก E_{SCE} , $E_{Ag/AgCl}$ และ E_j เป็นค่าคงที่ ดังนั้น ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์จะมีค่าเท่าไรนั้น ขึ้นกับค่าความต่างศักย์ระหว่าง V_2 กับ V_1 ค่า V_2 กับ V_1 จะมีค่าเป็นเท่าไรนั้นขึ้นกับ pH ของสารละลาย เพราะเกิดการแลกเปลี่ยน H^+ ที่ผิวของกลาสเมมเบรน โดยทั่วไปกลาสเมมเบรนจะประกอบไปด้วย Na_2O และ SiO_2 ซึ่งที่ผิวของกลาสจะประกอบด้วย ซิลิเกตกรุฟที่รวมตัวกับโซเดียมไอออน ($-SiO^-Na^+$) เมื่อนำขั้วกลาสเมมเบรนมาแช่ไว้ในสารละลาย จะทำให้ผิวเมมเบรนถูกไฮเดรต เมื่อขั้วถูกไฮเดรตแล้วสามารถเกิดการแลกเปลี่ยนไอออนระหว่าง Na^+ และ H^+

$$-SiO^-Na^+ + H^+ \rightleftharpoons -SiO^-H^+ + Na^+$$

ไอออนอื่นๆ ก็จะสามารถแลกเปลี่ยนไอออนกับ Na^+ ได้เช่นเดียวกัน แต่เนื่องจากการแลกเปลี่ยนกับ H^+ มีค่าสมดุลของปฏิกิริยาสูงมากจึงทำให้ผิวของกลาสที่อยู่ในรูปของกรดซิลิซิกเกือบทั้งหมด นอกเสียจากว่าในสารละลายจะมีฤทธิ์เป็นเบสที่มีความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออนในสารละลายกับอิออนที่ผิวของกลาสเมมเบรนที่ถูกไฮเดรต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทำนองเดียวกัน กลาสเมมเบรนด้านในที่สัมผัสกับสารละลายภายในจะเกิดศักย์ไฟฟ้า V_2 ขึ้น แสดงว่าที่ผิวทั้งสองของกลาสเมมเบรนจะเกิดศักย์ไฟฟ้าขึ้น ซึ่งความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้น ซึ่งความต่างศักย์ระหว่าง V_2 กับ V_1 นี้เรียกว่า Boundary potential (E_b)



รูปที่ 3 รูปแสดงโครงสร้างของกลาสเมมเบรนที่ถูกไฮเดรด

เมื่อศักย์ไฟฟ้า V_1 และ V_2 เกิดขึ้นได้เนื่องมาจากปฏิกิริยา

$$-SiO^-Na^+ + H^+ \rightleftharpoons SiO^-H^+ + Na^+$$

จึงแสดงได้ว่าศักย์ไฟฟ้าจะขึ้นกับค่าแอคตีวิตี้ของไฮโดรเจนไอออนตามหลักของเทอร์โมไดนามิกส์ คือ

$$V_1 = J_1 - (2.303RT/F)\text{Log}\ (a_1'/a_1) \quad \ldots\ldots\ldots(2)$$

$$V_2 = J_2 - (2.303RT/F)\text{Log}\ (a_2'/a_2) \quad \ldots\ldots\ldots(3)$$

a_1 และ a_2 คือ ความเข้มข้นของไฮโดรเจนของอิออนของสารละลายภายนอกและภายในตามลำดับ

a_1' และ a_2' คือ ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนในชั้นของไฮเดรตเจลที่ผิวของกลาสแต่ละข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032766

ถ้าผิวของกลาสทั้ง 2 มีขนาดเท่ากัน จะได้ a_1' เท่ากัน a_2' นั่นคือ

$$E_b = V_2 - V_1 = J_2 - J_1 + (2.303RT/F)\ Log(a_2/a_1)$$

เพราะว่า J_1 ,J_2 และ a_2 มีค่าคงที่ นั่นคือ

$$E_b = V_2 - V_1 = \text{constant} + (2.303RT/F)\log(1/a_1) \quad .....(4)$$

แทนค่าสมการ (4) ลงในสมการที่ (1)

$$E_{cell} = E_{Ag/AgCl} - E_{sce} + E_j + \text{constant} + (2.303\ RT/F)\log(1/a_1) \quad .....(5)$$

ค่า E_{sce} , $E_{Ag/AgCl}$ และ E_{sce} เป็นค่าคงที่ ซึ่งรวมกันเท่ากับ k

ดังนั้น $E_{cell} = k + (2.303RT/F)Log\ (1/a_1)$

ในเมื่อ $(2.303RT/F) = .0591$, $\log(1/a_1) = pH$ ของสารละลายที่อยู่ภายนอก

$$E_{cell} = k + .0591pH \quad .....(6)$$

$$pH = (E_{cell} - k)/0.0591 \quad .....(7)$$

ค่า k คือ ค่าคงที่ที่สามารถคำนวณได้จากการวัดค่าไฟฟ้าของสารละลายมาตฐานที่ต้องการทราบค่า pH ที่แน่นอน

$$k = E_{cell(std)} - .0591\ pH_{(std)} \quad .....(8)$$

แทนค่า k ลงในสมการที่ (6) เพื่อหาค่า pH ของสารละลายตัวอย่าง

$$pH_{(unk)} = pH_{(std)} + (E_{cell(unk)} - E_{cell(std)})/0.0951 \quad .....(9)$$

การพิจารณาสูตรเพื่อคำนวณหาค่า pH จากการวัดศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ตามสมการต่างๆข้างบนนี้ พิจารณาจากการใช้ขั้ว SCE เป็นแคโทดและขั้วกลาสเมมเบรนเป็นแอโนด แต่ถ้าพิจารณาในทางกลับกันคือให้ SCE เป็นขั้วแอโนดและขั้วกลาสเป็นขั้วแคโทดจะได้

$$E_{cell} = E_{Ag/AgCl} - E_j + (V_1 - V_2)$$

ในทำนองเดียวกันกับสมการที่ (4) จะได้

$$V_1 - V_2 = \text{constant} + (2.303RT/F)\log a_1$$

ซึ่งทำให้สามารถหาค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ได้ดังนี้

$$E_{cell} = Q - .0591\ pH \quad .....(10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นในการคำนวณจะใช้สมการที่ (5) หรือ (10) ต้องขึ้นอยู่กับว่าการทดลองนั้นใช้ขั้วชนิดใดเป็นแคโทดหรือแอโนด ซึ่งโดยปกติแล้วในการวัดค่า pH ของสารละลายจะใช้ขั้ว SCE เป็นแคโทด จึงจะทำให้เซลล์เกิดเป็นเซลล์กัลวานิก

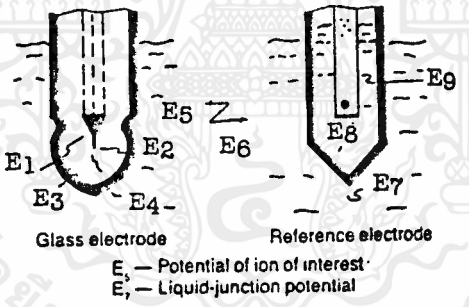
ขั้วกลาสที่นำมาใช้ในการวัดค่า pH ของสารละลาย สามารถรับความรู้สึกต่อสารละลายได้ไว และเปลี่ยนเป็น pH ได้อย่างรวดเร็ว เพื่อปรับค่าให้อ่านได้ถูกต้อง เมื่อสารละลายเป็นสารละลายบัฟเฟอร์ ถ้าสารละลายไม่ใช่สารละลายบัฟเฟอร์ขั้วจะได้ค่าความรู้สึกต่อค่า pH นั้นช้า ต้องใช้เวลานานพอสมควรจึงจะอ่านค่า pH ได้ถูกต้อง

เมื่อต้องการนำขั้วมาใช้วัดค่า pH แต่ละครั้งต้องล้างด้วยน้ำกลั่นหลายๆครั้ง แล้วล้างตามด้วยสารละลายที่ต้องการวัดค่า pH (rinse) จากนั้น จึงค่อยอ่านค่า pH เมื่อขั้วกลาสจุ่มอยู่ในสารละลาย สารละลายที่ไม่มีคุณสมบัติเป็นสารบัฟเฟอร์เมื่อต้องการวัด pH ควรทำการคนสารละลายนั้นแรง ๆ ขั้วกลาสสำหรับวัดค่า pH สามารถนำมาใช้ได้สะดวก มีสิ่งรบกวนน้อยกว่าการใช้ขั้วชนิดอื่น ๆ และมีราคาที่ไม่แพง สารประเภทที่เป็นตัวออกซิไดซ์หรือตัวรีดิวซ์ โปรตีน และ ก๊าซ ไม่สามารถรบกวนการวัดค่า pH โดยใช้ขั้วกลาสได้ ในทางอุตสาหกรรม การผลิตขั้วเพื่อใช้ในการวัดค่า pH ของสารละลาย เขาได้นำขั้วชี้บอกและอ้างอิงมาบรรจุอยู่ในหลอดเดียวกัน ทำให้มีลักษณะเหมือนเป็นขั้วเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

pH อิเลคโตรด

ในระบบจะมี โวลเตท ที่เกิดขึ้นอยู่ 9 ค่าและภายใน อิเลคโตรด จะเป็นสาย Ag ที่เคลือบด้วย (AgCl) E_1 เป็นโวลเตทที่เกิดขึ้นระหว่างสาย กับสารละลาย E_3 เป็นโวลเตทที่เกิดขึ้นที่ผิวด้านในของ Glass และ E_4 เป็น โวลเตท ที่รอบ ๆ กราสเมมเบรม ซึ่งเรียกว่า astmmetry potential โวลเตท ที่ผิวด้านนอกของ อิเลคโตรด,โวลเตท ระหว่าง pH อิเลคโตรด และ อิเลคโตรดอ้างอิง และ โวลเตท อื่น ๆ ที่เกี่ยวกับศักดาที่จุดต่อกับของเหลว ที่จุดนี้ซึ่งใช้เติมสารละลายใน อิเลคโตรดอ้างอิง คือ E_7 โวลเตท ระหว่างผิวด้านในของ อิเลคโตรดอ้างอิง และสายโลหะซึ่งต่อกับ สารละลายที่เติมภายใน อิเลคโตรด อ้างอิง และสายโลหะซึ่งต่อกับสารเติมภายใน อิเลคโตรดอ้างอิง และแน่นอนว่ามี โวลเตท อื่น ๆ อีกที่ผิวของสายต่อ (E_9)



รูปที่ 4 รูปแสดงค่าศักดาไฟฟ้าที่เกิดที่อิเลคโตรด

เมื่อทำการวัดค่า pH โวลเตททุกตัวจะคงที่ยกเว้น โวลเตท บนผิวด้านนอกของ pH อิเลคโตรด ถ้าไม่เช่นนั้น การวัดค่า pH ก็จะผิดแน่นอน อาจกล่าวได้ว่า pH อิเลคโตรด ให้ค่าโวลเตทที่เปลี่ยนแปลงได้ให้ pH มิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อพิจารณา	คำอธิบาย
ขนาด อิเลคโตรด	อิเลคโตรด ที่นำมาใช้จะมีรูปร่างและความยาวของกระเปาะมี ขนาดเหมาะสมกับการใช้งานในแบบต่าง ๆดังนี้ เช่น การวัดทั่วไป การทดสอบหลอดในพื้นผิวปกติ หรือในพื้นผิวที่มีความชื้น
แบบของตัวอย่าง	ถ้าตัวอย่างที่นำมาทดสอบทำปฏิกิริยากับตัวเปรียบเทียบ Ag/AgCl เราจะใช้ คาโลเมล หรือตัวเปรียบเทียบแบบคู่ เมื่อเกิดข้อสงสัยขึ้นแบบตัวเปรียบเทียบแบบคู่มักจะถูกนำมาใช้งาน(พิจารณาเฉพาะแบบขั้วของเหลว)
แบบขั้วของเหลว	ขั้วเซรามิก หรือ เทฟล่อน จะสามารถใช้งานได้เกือบทุกงาน โดยตัวเปรียบเทียบต่าง ๆมีดังต่อไปนี้ เซรามิกแบบเข็มใช้กับงานที่อัตราการไหลที่ขั้วต่ำ เซรามิกแบบวงแหวน ใช้กับงานที่อัตราการไหลที่ขั้วสูงกว่า โดยมีพื้นผิวที่ใหญ่กว่า เพื่อป้องกันการอุดตัน เทฟล่อน ใช้กับงานที่อัตราการไหลที่ขั้วที่สูงกว่าและยากแก่การอุดตัน ขั้วแบบซ่อนใช้กับงานที่อัตราการไหลที่ขั้วที่สูงกว่าเพื่อใช้วัดตัวอย่างที่ง่ายต่อการอุดตัน ดังเช่นตัวอย่างที่เป็นน้ำบริสุทธิ์จนถึงตัวอย่างที่สกปรกมากๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อพิจารณา	คำอธิบาย
ตัวอย่าง pH	ที่ pH สูง ๆ (>12) เราจะใช้อิเลคโตรดแบบแก้วชนิดพิเศษเพื่อให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด โดยใช้การแลกเปลี่ยนไอออนของ โซเดียม ของ อิเลคโตรด แบบแก้วที่ใช้กับpH สูง ๆ สามารถนำมาใช้กับการวัดpHที่pH ต่าง ๆ ได้ แต่ความต้านทานของมันจะมีมากกว่าแบบมาตรฐาน
ความต้านทานของ อิเลคโตรด	ความต้านทานของ อิเลคโตรด ยิ่งมากเท่าไร ก็จะทำให้การวัดยากยิ่งขึ้นเท่านั้น มิเตอร์ ที่มี อินพุท อิมพีแดนซ์ อย่างน้อย 10^{12} จะนำมาใช้ได้ อินพุท อิมพีแดนซ์ ของ มิเตอร์ ควรจะมีค่าเป็น 1000 เท่า ของความต้านทานของ อิเลคโตรด ความต้านทานของ อิเลคโตรด จะมีค่า 2 เท่า ณ. อุณหภูมิที่ลดลงทุก 8 องศา ซึ่งมีความสำคัญเมื่อวัดที่อุณหภูมิต่ำ ๆ
ตัวเชื่อมและความยาวของสาย	อิเลคโตรดของ Omega แบบมาตรฐานมาจากตัวเชื่อมมาตรฐานของ BNC หรือ US และสายที่มีควรมีความยาว 3 ฟุต เพื่อให้มั่นใจว่าเข้ากับมิเตอร์ ของคุณได้ ถ้าไม่ได้ก็สามารถเปลี่ยนแปลงความยาวสายและ ตัวแปลงสัญญาณได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือก อิเลคโตรด อย่างไรถึงจะดี

จากอิเลคโตรด ที่มีอยู่อย่างมากมายในปัจจุบัน เราจะมีวิธีอย่างไรในการเลือกอิเลคโตรด ให้เหมาะสมกับการใช้งาน อิเลคโตรดตัวหนึ่ง ๆ ไม่สามารถใช้ได้กับงานทุก ๆ อย่าง คำถามแรกที่จะถาม คือ เราจะใช้งานที่ไหน ห้องทดลอง งานสนาม หรือใช้ในกระบวนการทางอุตสาหกรรม อีกอย่างหนึ่งที่จะต้องทราบแน่นอนคือ ขนาดและรูปร่างของ อิเลคโตรด ซึ่ง อิเลคโตรด ที่ใช้อยู่มีด้วยกันหลายรูปแบบ ทั้งความยาวและรูปร่าง เพื่อใช้ในงานที่แตกต่างกัน เช่น ใช้ในงานทั่วไป ในห้องทดลองบนพื้นผิวเรียบ หรือ พื้นผิวที่มีความชื้น หรือ อิเลคโตรด ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมต้องมีรูปร่างที่เหมาะสม เช่น แบบที่ใช้จุ่ม หรือแบบที่ใช้แช่ในของเหลวมีตัวแปรอื่นอีกหรือไม่ ที่เราต้องตรวจสอบในการเลือก อิเลคโตรด สิ่งที่เราต้องเลือกเป็นอันดับแรก คือ เลือก อิเลคโตรด แบบ คอมบิเนชั่น หรือแบบเป็นขั้วคู่ อิเลคโตรด แบบ คอมบิเนชั่น ขั้วที่ใช้วัดและขั้วอ้างอิงจะอยู่ด้วยกัน จะเหมาะสำหรับใช้ในห้องทดลอง หรือในที่ ๆต้องการความถูกต้องสูง เป็นแบบที่นิยมใช้กันมากที่สุด อิเลคโตรด แบบขั้วคู่จะใช้ได้ดีในงานประเภทต่อไปนี้

1 เป็นสาร แขวนลอย
2 มีสารละลายไอโอไดด์ ในตัวอย่างที่ตรวจสอบ
3 เป็นของแข็ง
4 เป็นสารละลายที่เหนียว
5 มี ไอออน ประเภทต่าง ๆที่กำหนดไว้อยู่ในสารละลาย
6 น้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง

อิเลคโตรด แบบขั้วคู่ และ อิเลคโตรด แบบ คอมบิเนชั่น คืออะไร

อิเลคโตรด แบบขั้วคู่ประกอบไปด้วย อิเลคโตรด 2 ตัว คือ ตัวหนึ่งใช้อ้างอิง อีกตัวหนึ่งใช้วัด อิเลคโตรด แบบ คอมบิเนชั่น คือ นำเอาทั้ง 2 ส่วนมาไว้ใน อิเลคโตรด ตัวเดียว เครื่องมือวัด pH ทุกชนิด จะเป็นแบบ คอมบิเนชั่น หรือเป็นแบบขั้วคู่ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิเลคโตรด แบบเจล และแบบเติมสารละลาย คืออะไร

อิเลคโตรดแบบเจลส่วนมากจะไม่ต้องดูแลรักษามากมายนัก เนื่องจาก บอดี้ ของ อิเลคโตรด ทำมาจาก โพลีเมอร์ มีความทนทานสูง มีความแม่นยำ +.05 ถึง -.05 อายุการใช้งาน 6-12 เดือน แต่ไม่สามารถจุ่มในสารตัวอย่างได้เป็นเวลานานแบบเติมสารละลาย ต้องเติมสารละลายที่เหมาะสมเป็นระยะ ๆ และต้องการการดูแลมากกว่า ได้แก่บริเวณ บอดี้ ที่ทำจากแก้ว มีความแม่นยำ +.01 ถึง-.01 อายุการใช้งานจะมากกว่าแบบแรก ส่วนใหญ่มักจะใช้ในห้องทดลอง

เราจะเลือกโครงสร้างของบอดี้ ของ อิเลคโตรด ได้อย่างไร

บอดี้ ที่ทำจากแก้ว ส่วนใหญ่แล้วเหมาะสำหรับใช้ในห้องทดลอง เหมาะสำหรับสารละลายที่มีโปรตีนและสารประกอบต่าง ๆ ที่มีแรงตึงผิวสูง วัสดุที่เกิดสนิมขึ้นได้มาก และส่วนประกอบ หรือตัวทำละลายที่กัดกร่อน โพลีเมอร์ บอดี้ ที่ทำจาก โพลีเมอร์ จะทนทานกว่าที่ทำจากแก้ว

จุดเชื่อมต่อของ อิเลคโตรด คืออะไร

จุดเชื่อมต่อของ อิเลคโตรด อ้างอิง หรือ แบบ คอมบิเนชั่น เป็นเมมเบรม ซึ่งสารละลายที่เติมเข้าไปสามารถซึมผ่านกันได้จุดต่อเชื่อมต่อสารละลายที่ใส่ใน อิเลคโตรด อ้างอิง ซึ่งมีปริมาณน้อยเข้ากับสารตัวอย่างที่จะวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของ จังค์ชั่น(จังค์ชั่น) เราควรจะเลือกอย่างไร

จังชั่น สามารถแบ่งได้ 2 อย่างคือ ตามชนิดและตาม member จังค์ชั่นที่ใช้ในอุปกรณ์ จะใช้ได้ทั้งที่ทำมาจาก ceramic และ fluorocarbon โพลีเมอร์ โดยจะให้ผลที่แตกต่างกันดังนี้ ใช้ชนิด Pin Cerenic จะได้อัตราไหลต่ำ และในแบบ coaxial ceranic จะให้อัตราการไหลที่มากกว่าและมีพื้นที่ในการกันมากกว่า Fluaracarbon โพลีเมอร์ จะให้อัตราการไหลสูงแต่ป้องกันยาก แบบ Sleeve จะให้อัตราการไหลสูงที่สุด แต่มีอัตราการวัดที่ยาก หรือสกปรกง่าย จึงต้องใช้กับน้ำที่สะอาดใน อิเลคโตรดจะสามารถใช้ได้ทั้งแบบ 1 จังค์ชั่น 2 และ 3 จังค์ชั่นแบบ 1 จังค์ชั่น ที่บรรจุ Ag/Agcl เป็นแบบที่น่าจะใช้มากที่สุดกับทุกแบบและใน lab แบบ 2,3 จังค์ชั่น จะใช้ป้องกันเมื่อใช้สารละลายที่ทำปฏิกิริยากับ Ag ใน Ag/Agcl เป็นการดีที่สุดที่จะใช้สำหรับสารละลายที่มีโปรตีน ซัลไฟต์ สารละลายโลหะหนัก strong reducing ions สารละลาย บัฟเฟอร์ กับ 2 จังค์ชั่น อิเลคโตรด

คาโลเมล อิเลคโตรด คืออะไร

อิเลคโตรด ที่ใช้ คาโลเมล (Hg/Hgcl) เป็นตัวอ้างอิงจะถูกนำมาใช้เมื่อสารละลาย Ag/Agcl ที่เติมทำปฏิกิริยากับสารบางอย่าง คาโลเมล เป็นตัวอ้างอิงที่เสถียรมาก ณ อุณหภูมิคงที่ ซึ่งมักจะใช้ในห้องทดลอง คาโลเมล จะมีความเสถียรต่ออุณหภูมิน้อยกว่า Ag /Agcl และใช้ไม่ได้กับเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 60 องศา อิเลคโตรด แบบ จังค์ชั่น คู่ Ag/Agcl จะใช้ได้ผลดีเหมือน อิเลคโตรด แบบ คาโลเมล แต่จะถูกจำกัดด้วยเรื่องความร้อน

เราจะเลือก อิเลคโตรด ที่ถูกกระทบกระเทือน จาก pH ของสารตัวอย่าง อย่างไร

ที่ pH สูงๆ (>12) แก้วชนิดพิเศษจะต้องนำมาใช้เพื่อให้เกิดข้อผิดพลาดน้อยที่สุดจากการรบกวนของ ion ของโซเดียม แก้วที่ใช้กับ pH สูง ๆ จะสามารถใช้ได้ในการวัด pH ตลอดช่วง แต่จะมีความต้านทานที่สูงกว่าแก้วแบบมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเชื่อมต่อของ อิเลคโตรด แบบต่าง ๆ

ตัวเชื่อมต่อ โดยหลักทั่ว ๆ ไปจะเป็น BNC และตัวเชื่อมต่อแบบ US เพื่อความมั่นใจว่าเข้ากับมิเตอร์ ที่คุณใช้ ถ้าใช้ไม่ได้ ก็จะใช้ตัวแปลงสัญญาณสำหรับตัวเชื่อมต่อและมิเตอร์ แทน

หลักการเลือก อิเลคโตรด อ้างอิง ในการใช้งาน

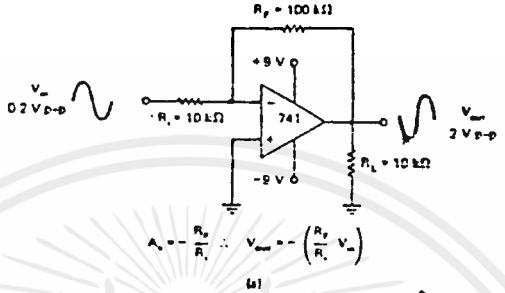
อิเลคโตรดอ้างอิงจะสามารถนำไปใช้เป็นสารตัวอย่าง โดยทำตามวิธีการที่เหมาะสม ในการวัด pH ของสารตัวอย่าง อิเลคโตรด อ้างอิงที่ใช้ ซึ่งไหลช้ามากและสามารถทำความสะอาดได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบวงจรขยายสัญญาณ

วงจรขยายสัญญาณแบบกลับศักดาสัญญาณ

วงจรขยายสัญญาณ ค่าขยายวงจรปิดจะขึ้นอยู่กับความต้านทาน R_f และ R_1 และวงจรนี้สามารถขยายสัญญาณได้ทั้งไฟสลับ และไฟตรง



(a)

V_{in}	V_{out}
+0.3	-3
-0.3	+3
+0.52	-5.2
-0.52	+5.2

(b)

รูปที่ 5 รูปแสดงวงจรขยายแบบกลับศักดาไฟฟ้า

กรณีที่สัญญาณเข้ามีศักดาเป็นบวก จ่ายเข้ากับขาหนึ่งของความต้านทาน R_1 ขาหนึ่งต่ออยู่ กับขาสัญญาณเข้า(-)ของออปแอมป์ สัญญาณป้อนกลับแบบลบจะผ่านความต้านทาน R_f ส่วนสัญญาณเข้าต่อกับ กราวด์ และเนื่องจากเราถือว่า ความแตกต่างของ ศักดาระหว่างขา (+) และขา (-) เป็นศูนย์ ดังนั้นเราถือได้ว่าศักดาของขาสัญญาณเข้า(-)มีศักดาดินด้วย ซึ่งเราจะเรียกขาสัญญาณเข้า (-) ว่ามีระดับศักดาดินเสมือน (virtual earth) ดังนั้นศักดาที่ตกคร่อม R_1 จึงเท่ากับ E_1 และจากกฎของโอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับศักดาสัญญาณ

วงจรนี้จะมีชุดของค่าความต้านทานป้อนกลับ R_{in} และ R_f และต่อเป็นแบบวงจรแบ่งแรงดัน โดยที่แรงดันเอาท์พุท ของสัญญาณ จะมีเฟสเดียวกับ V_{in}

อัตราขยายแรงดันของวงจร หาได้จากสูตร

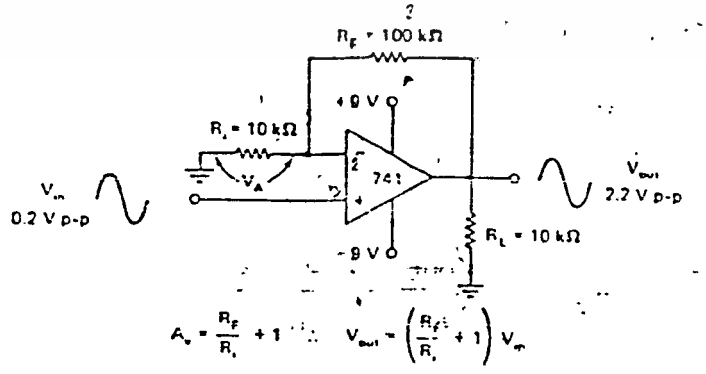
$$A_v = 1 + (R_f / R_{in})$$

ซึ่งจะเห็นว่า อัตราการขยายแรงดันจะขึ้นกับค่า R_f และ R_{in} คือ ถ้า R_f มีค่ามากกว่า R_{in} แล้วจะทำให้อัตราขยายแรงดันมีค่าสูงมาก ยิ่ง R_f มีค่ามากเท่าใด อัตราการขยายก็จะมากเท่านั้น

ค่าแรงดันเอาท์พุท ที่ออกมาจะถูกจำกัดไว้ไม่เกิน +/- v ชัพพลาย ซึ่งเรียกแรงดันนี้ ว่า "แรงดันเอาท์พุทอิ่มตัว" คือ ถ้าวงจรมีอัตราขยาย 1000 เท่า และมีไฟเลี้ยง+/- V ชัพพลาย แล้วป้อนค่าแรงดันอินพุท มา 1โวลท์ก็จะให้ค่าแรงดันเอาท์พุทเป็น 1000 v.ซึ่งเป็นไปไม่ ได้ แต่จะให้ค่าแรงดันเอาท์พุทได้มากที่สุด เพียง +/- v ชัพพลาย ถึงอย่างไรก็ตามค่าของแรงดันอิ่มตัวจะถึงค่าอิ่มตัว ผลต่างของแรงดันอินพุททั้งสองต้องถึงจุดๆหนึ่ง ซึ่งถ้าผลต่างทั้งสองเกินจุดนี้ก็จะทำให้แรงดันเอาท์พุทออกมาอิ่มตัวได้

ความสามารถในการจ่ายกระแสเอาท์พุทของออปแอมป์นั้น สามารถจ่ายได้เพียงเล็กน้อย ประมาณ +/- 25 mA ซึ่งเป็นค่าสูงสุด ซึ่งถ้าใช้เกินอาจทำให้ออปแอมป์พังได้

จากวงจร Non Inverting จะให้ $A_v = R_1 + R_2 + 1$ ซึ่งในวงจร**บัฟเฟอร์** จะมี $A_v = 1$ ซึ่งจะได้ว่า $R_1 / R_2 = 0$ ซึ่งทำได้โดยเพิ่ม R_2 จนเป็นก็จะทำให้วงจรมี $A_v = 1$ และได้วงจรดังรูป

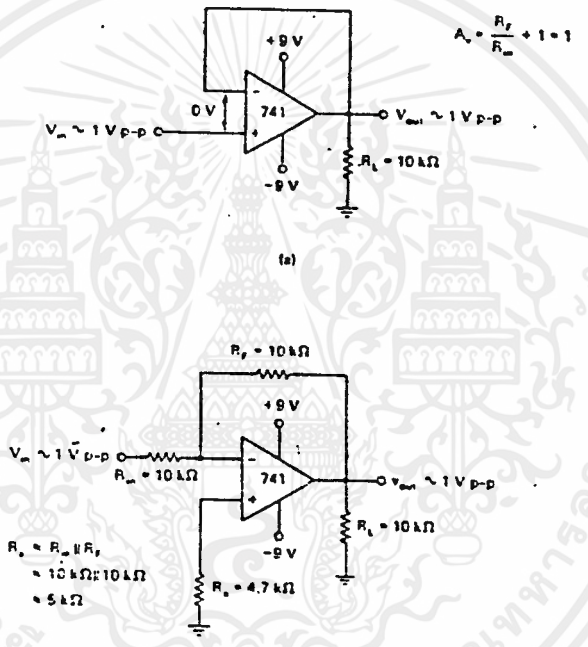


รูปที่ 6 รูปแสดงวงจรขยายแบบไม่กลับศักดาไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจร บัฟเฟอร์

เป็นวงจรที่มีลักษณะพิเศษคือ มีอัตราการขยายสัญญาณเท่ากับ 1 นำไปใช้เป็นตัวกันชน หรือ บัฟเฟอร์ ระหว่างวงจรทั้งสอง วงจรนี้จะให้ค่าความต้านทานอินพุทสูง เมื่อต่อโหลดของวงจรอื่น ก็จะไม่ทำให้แรงดันเอาท์พุทของวงจรที่จ่ายแรงดันนั้นตกลง ซึ่งจะไม่มีการดึงกระแสเข้ามาเลย ทำนองเดียวกันเมื่อนำไปขับวงจรอื่นก็สามารถจ่ายกระแสไปให้กับวงจรอื่นโดยไม่ทำให้ระดับแรงดันตกลง เพราะมีความต้านทานเอาท์พุทต่ำมาก จึงนำไปใช้เพิ่มอินพุทอิมพีแดนซ์ (Z_{in}) ให้กับวงจร



รูปที่ 7 รูปแสดงวงจรบัฟเฟอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของ 7106

การทำงานในส่วนของส่วนแสดงผล จะใช้ IC เบอร์ 7106 เป็นตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล โดย IC 7106 จะมีหลักการทำงานดังต่อไปนี้

ขา 38,39 และ 40 คือ ขา Oscillator ซึ่งจะสร้าง Clock ใน IC นี้ RC Oscillator อย่างง่าย ซึ่งถูกใช้ในงานนี้ จะทำงานด้วยความถี่ประมาณ 48 Hz และจะถูกทำให้ความถี่ลดลงเหลือ 1 ใน 4 และนำไปเป็น clock ของระบบ คาบของ clock มีค่า 83.3 us และคาบของสัญญาณ integration (1000 clock pulse) มีค่า 73.3 us ซึ่งจะทำให้ความถี่ในการวัดเท่ากับ 3 ครั้งใน 1 วินาที โดย set ค่า clock oscillator ที่ 48 kHz จะมีผลให้ line ความถี่ (60 Hz) ไม่เกิด noise ถ้า integration period เป็นคาบความถี่ของการรวมจำนวน Line

ขา 35,36 คือ ขา Reference ซึ่งประกอบด้วย Reference Hi และ Reference Lo โดย

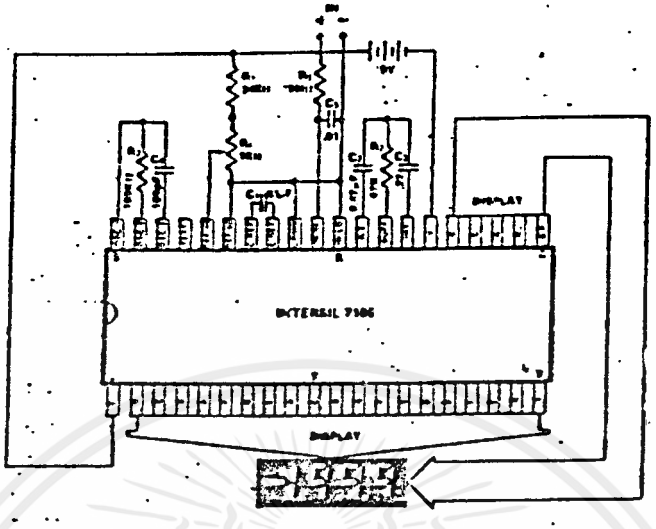
ถ้า Full scale 200.0 mV Voltage ระหว่างขา REF Hi และ REF Lo ควรจะ set ค่า reference ที่ 100.0 mV

ถ้า Full scale 2.000 V Voltage ระหว่างขา REF Hi และ REF Lo ควรจะ set ค่า reference ที่ 1.000V ซึ่งค่า Voltage ที่สามารถวัดได้ควรจะอยู่ในช่วง V- และ V+

ขา 29 คือ ขา Auto Zero เมื่อวงจรเริ่มทำงานและ short input ส่วนแสดงควรที่จะอ่านค่าได้ 0

ขา 21 คือ ขา Back-plan (BP) โดยที่ Liquid crystal display จะแสดงผลโดยการใช้ square wave ไปที่ BP ถ้า D.C. Voltage มากเกิน(>50 mV)ทำทำให้เสียหายถาวรถ้าใช้เป็นนานเกิน 2-3 นาที 7106 จะสร้าง waveform ภายในเพื่อขับ เซ็กเมนท์ ผู้ใช้สามารถกำหนดจุดทศนิยมโดยใช้ execlusive OR gateซึ่งแสดงดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8 รูปแสดงวงจรดิสเพลย์

การใช้งานส่วนแสดงผล LCD (Liquid Crystal Display)

LCD จะทำงานโดยการกระตุ้นด้วยความถี่ ทำให้เกิด เซ็กเมนท์ ขึ้นบนจอแสดงผลจาก
การทดสอบ โดยป้อนความถี่ 60 Hz เซ็กเมนท์ ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนจอแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

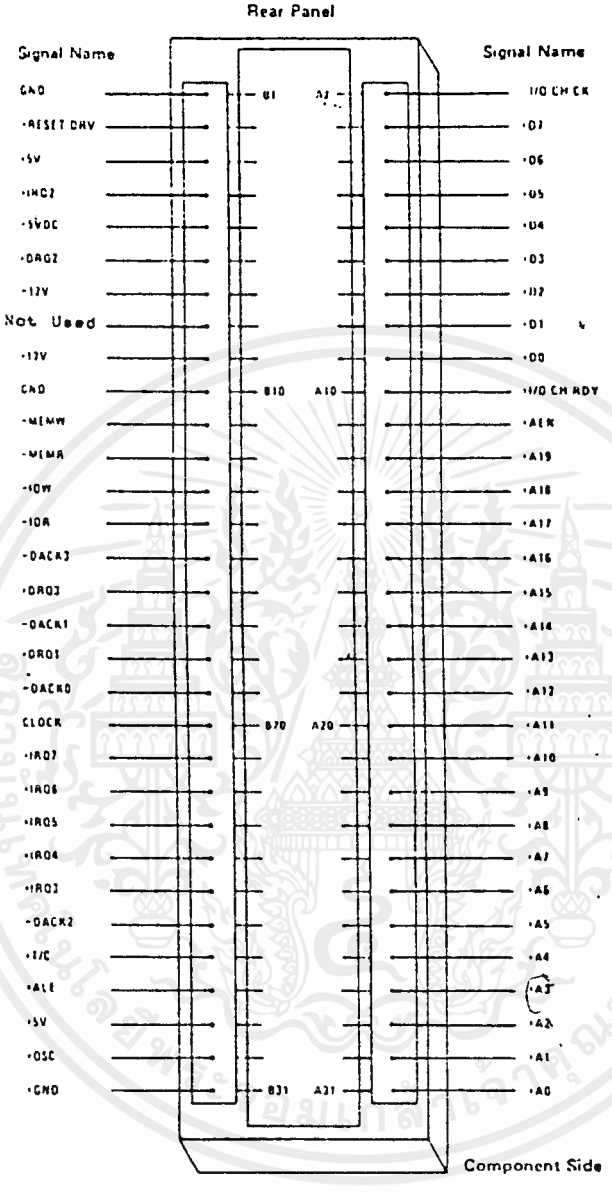
ทฤษฎีที่ควรทราบในการเชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์

ภายใน IBM/PC ได้มีการออกแบบให้สามารถที่จะเพิ่มเติมวงจรอินเทอร์เฟสเข้าไปในภายหลังได้ โดยผ่านทางสล็อตที่อยู่บนเมนบอร์ด (MAIN BOARD) สำหรับสล็อตบนเมนบอร์ดนี้จะมีจำนวน สล็อต (สำหรับใน IBM PC/XT จะมี 8 สล็อต: จะกล่าวถึงในภายหลัง) ซึ่งแต่ละสล็อตจะมีจำนวนขาทั้งสิ้น 62 ขา แบ่งออกเป็น 2 ข้าง ๆ ละ 31 ขา ส่วนการเรียกตำแหน่งขาของสล็อตเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับว่าขานั้นอยู่ข้างใด (ซ้ายหรือขวา) ของสล็อต โดยขาที่อยู่ทางด้านซ้ายของสล็อตจะเรียกโดยใช้อักษร "B" นำหน้าเลขตำแหน่งของเขา เช่น ขา B16 ก็คือขาทางด้านซ้ายของสล็อตขาที่ 16 (นับจากทางด้านท้ายของเครื่อง) ส่วนขาที่อยู่ทางด้านขวาของสล็อตจะเรียกโดยใช้อักษร "A" นำหน้าเลขตำแหน่งของขา เช่น ขา A24 ก็คือขาทางด้านขวาของสล็อตขาที่ 24 (นับจากทางด้านท้ายของเครื่อง)

แต่ละขาของสล็อตเหล่านี้จะเชื่อนต่อกับเส้นสัญญาณต่าง ๆ บนเมนบอร์ด ทำให้การสร้างวงจรอินเทอร์เฟสกับ IBM/PC สามารถทำได้โดยสะดวก ซึ่งเส้นสัญญาณที่เชื่อมต่อกับขาของสล็อตเหล่านี้จะประกอบไปด้วย เส้นสัญญาณของบัสแอดเดรส (Address Bus) , บัสข้อมูล (Data Bus), บัสควบคุมสำหรับการเขียน/อ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ หรือพอร์ท I/O, เส้นสัญญาณสำหรับการขออินเทอร์รัพท์ของวงจรอินเทอร์เฟส, เส้นสัญญาณสำหรับการขอ DMA , สัญญาณฐานเวลา (Timing Signal) ต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบ, เส้นสัญญาณแสดงการรีเฟรชหน่วยความจำ และสัญญาณสำหรับการตรวจสอบความผิดพลาด (I/O CHECK)

นอกจากเส้นสัญญาณเหล่านี้แล้ว สล็อตบนเมนบอร์ดยังเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบอีกด้วย คือ +5Vdc, -5Vdc, +12Vdc และ -12Vdc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 รูปแสดงขาสัญญาณต่างบนสล๊อตของ IBM PC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดเกี่ยวกับสัญญาณต่าง ๆ

RESET DRV (ขา B2)

ขาสัญญาณนี้เป็นเอาท์พุท ซึ่งจะแอคทีฟ (ลอจิก "1") ในช่วงที่เราเริ่มจ่ายไฟให้กับระบบและจะยังคงแอคทีฟไปจนกว่าระบบต่าง ๆภายในIBM/PC จะพร้อมที่จะทำงานได้ จากนั้นสัญญาณนี้ก็จะเปลี่ยนกลับเป็นลอจิก "0" นอกจากนี้ในระหว่างการทำงานของ IBM /PC ถ้าระดับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟตกลง สัญญาณนี้ก็จะถูกทำให้แอคทีฟเช่นกัน โดยทั่วไปแล้วสัญญาณนี้จะถูกนำไปใช้ในการรีเซ็ทวงจรอินเทอร์เฟสหรืออุปกรณ์ I/O ต่าง ๆในช่วงที่เริ่มจ่ายไฟให้กับระบบ ซึ่งจะเป็นการทำให้วงจรหรืออุปกรณ์เหล่านั้นถูกปรับให้อยู่ในสภาวะที่แน่นอน ก่อนที่จะเริ่มต้นการทำงานในระบบ (สภาวะนี้เป็นสภาวะที่เราทราบ และต้องการให้วงจรทำงานในขณะที่ระบบถูกรีเซท)

AO-A19 (Address Bus; ขา A31-A12)

ขาสัญญาณทั้ง 20 ขานี้เป็นเอาท์พุท ซึ่งใช้สำหรับกำหนดแอดเดรสของหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ I/O ที่ 8088 ต้องการติดต่อด้วย โดยที่สัญญาณ AO จะมีนัยสำคัญต่ำสุด (Least Significant Bit) และ A19 จะมีนัยสำคัญสูงสุด (Most Significant Bit) สำหรับค่าแอดเดรสบนบัสแอดเดรส AO-A19 นี้ จะถูกกำหนดโดย 8088 ในระหว่างขบวนการอ่าน/เขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ I/O แต่ละช่วงของขบวนการ DMA นั้น DMA-Controller จะเป็นถูกกำหนดค่าแอดเดรสบนบัสแอดเดรสเอง (ในระหว่างนี้ 8088 จะถูกตัดออกจากระบบ)

จะเห็นได้ว่าจำนวนเส้นแอดเดรสนี้จะมีอยู่ 20 เส้น ซึ่งสามารถที่จะอ้างแอดเดรสของหน่วยความจำได้ถึง 1Mbyte แต่อย่างไรก็ตามจะมีแอดเดรสบางแอดเดรสที่ถูกใช้งานโดย IBM/PC อยู่ก่อนแล้ว คือแอดเดรสของหน่วยความจำ RAM บนเมนบอร์ดที่ถูกใช้โดยระบบ จำนวน 64Kbyte (สำหรับ IBM PC/XT จะเป็นจำนวน 256 Kbyte) และแอดเดรสสำหรับหน่วยควบคุมจำ ROM อีก 48Kbyte ซึ่งถูกจัดในช่วงของแอดเดรสบนสุดใน 1Mbyte คือ OFCOOH จนถึง OFFFFFH

สำหรับการอ้างแอดเดรสของพอร์ท I/O นั้น จะใช้เส้นแอดเดรสเพียง 16 เส้น คือ AO-A15 ซึ่งจะทำให้อ้างแอดเดรสของพอร์ทได้ 64K พอร์ท โดยผ่านทางชุดคำสั่ง IN และ OUT ส่วนเส้นแอดเดรสที่เหลือคือ A16-A19 นั้นจะไม่ถูกใช้งาน อย่างไรก็ตามภายใน IBM/PC จะใช้เส้นแอดเดรสในการอ้างแอดเดรสของพอร์ทเพียง 10 เส้น คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก A0-A9 และค่าแอดเดรสที่ใช้งานจะต้องอยู่ในช่วง 0200H จนถึง 03FFH เท่านั้น

D0-D7 (Data Bus; ขา A9-A2)

ขาสัญญาณนี้จะเป็นแบบ B1-Directional ซึ่งต่อกับบัสข้อมูลของระบบ เพื่อทำหน้าที่ในการส่งผ่านข้อมูลระหว่างพอร์ท I/O กับ IBM/PC โดยบิท D0 จะมีนัยสำคัญต่ำสุด และบิท D7 จะมีนัยสำคัญสูงสุด

สำหรับในบัสไซเคิลของการเขียนข้อมูลที่สร้างขึ้นโดย 8088 นั้น ข้อมูลจะถูกส่งออกมาบนบัสข้อมูลก่อนที่สัญญาณ IOW จะเปลี่ยนจากลอจิก "0" เป็นลอจิก "1" (ขอบขาขึ้น) ซึ่งโดยทั่วไปขอบขาขึ้นของสัญญาณ IOW นี้จะถูกใช้เพื่อสั่งให้พอร์ท I/O ที่มีแอดเดรสตรงกับค่าแอดเดรสบนบัสแอดเดรสนั้นรับข้อมูลไปเก็บไว้

สำหรับบัสไซเคิลในการอ่านข้อมูลที่สร้างขึ้นโดย 8088 นั้น พอร์ท I/O ที่ถูกอ้างถึงจะต้องส่งข้อมูลมาบนบัสข้อมูลก่อนที่สัญญาณ IOR จะเปลี่ยนจากลอจิก "0" เป็น "1" (ขอบขาขึ้น)

IOR (I/O READ; ขา B14)

ขาสัญญาณนี้เป็นเอาพุทแอคทีฟที่ลอจิก "0" ที่สร้างขึ้นโดย 8288 Bus Controller เพื่อใช้ในการแสดงภาวะไซเคิลที่เกิดขึ้นนี้ เป็นบัสไซเคิลของการอ่านข้อมูลจากพอร์ท I/O เพื่อให้พอร์ท I/O ที่มีแอดเดรสตรงกับแอดเดรสบนบัสแอดเดรสนั้นส่งข้อมูลออกมาบนบัสข้อมูล โดยข้อมูลจะต้องถูกส่งออกมาบนบัสข้อมูลก่อนขอบขาขึ้นของสัญญาณ IOR ประมาณ 30 นาโนวินาที เพื่อให้มั่นใจว่า 8088 สามารถรับข้อมูลได้ถูกต้อง

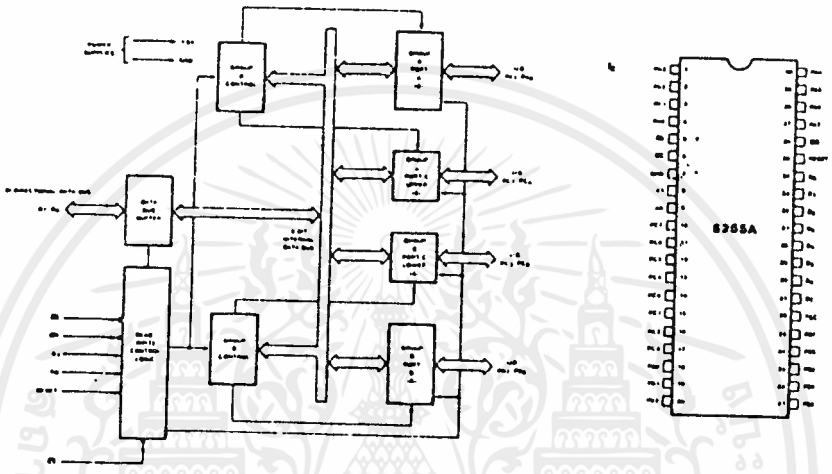
IOW (I/O WRITE; ขา 13)

ขาสัญญาณนี้เป็นเอาพุทแอคทีฟที่ลอจิก "0" ที่สร้างขึ้นโดย 8288 Bus Controller เพื่อใช้ในการแสดงภาวะไซเคิลที่เกิดขึ้นนี้ เป็นบัสไซเคิลของการเขียนข้อมูลจากพอร์ท I/O เพื่อให้พอร์ท I/O ที่มีแอดเดรสตรงกับแอดเดรสบนบัสแอดเดรสนั้นรับข้อมูลออกมาบนบัสข้อมูลที่อยู่บนบัสแอดเดรสไปเก็บไว้ บนบัสข้อมูลอาจยังไม่สมบูรณ์ ดังนั้นในการออกแบบจึงควรใช้ขอบขาขึ้นของสัญญาณ IOW แทนขอบขาลงในการทำให้พอร์ท I/O ที่เกี่ยวข้องกับการรับข้อมูลไปเก็บไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของ 8255

8255 เป็นอุปกรณ์ LSI (LARGE SCALE INTERGRATED CIRCUIT) บรรจุอยู่ในแพกเกจ 40 ขา แบบ DIP



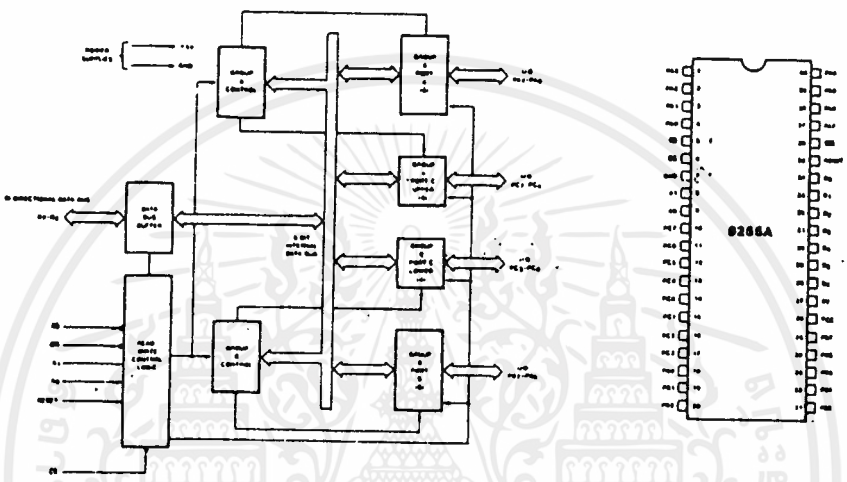
รูปที่ 10 รูปแสดง 8255

บล็อกกลุ่มแรกที่เราจะพูดถึงนี้ ได้แก่ บล็อกจำนวน 4 บล็อก ที่อยู่ทางด้านขวาของรูป ซึ่งจะเป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกอื่นๆ โดยมีสาย PA0-PA7, PB0-PB7 และ PC0-PC7 เป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับ 8255 สายสัญญาณเหล่านี้จะถูกแบ่งเป็น 3 I/O พอร์ทได้แก่พอร์ท A พอร์ท B และพอร์ท C พอร์ทเหล่านี้สามารถเป็นได้ทั้งพอร์ทอินพุทและเอาท์พุท และแต่ละบล็อกจะมีสัญญาณเชื่อมเข้ากับบัสข้อมูลภายในของ 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของ 8255

8255 เป็นอุปกรณ์ LSI (LARGE SCALE INTERGRATED CIRCUIT) บรรจุอยู่ในแพกเกจ 40 ขา แบบ DIP



บล็อกกลุ่มแรกที่เราจะพูดถึงนี้ ได้แก่ บล็อกจำนวน 4 บล็อก ที่อยู่ทางด้านขวาของรูป ซึ่งจะเป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกอื่นๆ โดยมีสาย PA0-PA7,PB0-PB7 และ PC0-PC7 เป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับ 8255 สายสัญญาณเหล่านี้จะถูกแบ่งเป็น 3 I/O พอร์ทได้แก่พอร์ท A พอร์ท B และพอร์ท C พอร์ทเหล่านี้สามารถเป็นได้ทั้งพอร์ทอินพุทและเอาท์พุท และแต่ละบล็อกจะมีสัญญาณเชื่อมเข้ากับบัสข้อมูลภายในของ 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บล็อกกลุ่มถัดมาได้แก่ GROUP A CONTROL และ GROUP B CONTROL ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดลักษณะการทำงานของทั้ง 3 พอร์ท

บล็อกกลุ่มสุดท้ายที่จะกล่าวถึงได้แก่ DATA BUS BUFFER และ READ/WRITE CONTROL LOGIC ซึ่งบล็อกเหล่านี้จะเป็นส่วนที่ติดต่อกับ CPU ,DATA BUS BUFFER นี้จะเป็นบัฟเฟอร์ให้กับบัสข้อมูลของ CPU ส่วน READ/WRITE CONTROL LOGIC จะเป็นส่วนที่ควบคุมให้ข้อมูลเข้าหรือออกจากรีจิสเตอร์ภายในถูกต้อง และในเวลาที่เหมาะสม

รายละเอียดการจัดเรียงขาของ 8255 ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะมีประโยชน์ในการเชื่อมต่อเข้ากับระบบบัสของ CPU สำหรับการจัดขาแสดงไว้ในรูปที่ 7.1 รายละเอียดของแต่ละขามีดังนี้ดังนี้คือ

DO-D7 : เป็นสายข้อมูลอินพุท/เอาท์พุทแบบสองทิศทาง (BI-DIRECTIONAL BUS) จะเป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่างพอร์ทต่างๆของ 8255 กับบัสข้อมูลของ Z80

CS (CHIP SELECT INPUt):เมื่อขานี้มีสถานะลอจิกเป็น "0" CPU ก็จะสามารถจะอ่านหรือเขียนข้อมูลกับ 8255 ได้

RD (READ INPUT) : เมื่อขานี้มีสถานะลอจิกเป็น 0 และสัญญาณ CS มีลอจิกเป็น 0 ข้อมูลจาก 8255 จะปรากฏสู่ระบบบัสข้อมูล CPU ก็จะสามารถอ่านข้อมูลออกไปได้

WR (WRITE INPUT) : เมื่อขานี้มีสถานะลอจิกเป็น 0 และสัญญาณ CS มีลอจิกเป็น 0 ข้อมูลจาก 8255 จะถูกเขียนไปยัง 8255 ได้

A0-A1 (ADDRESS INPUT): จะเป็นตัวกำหนดเลือกใช้ 8255

RESET : เมื่อขานี้มีสถานะเป็น 1 8255 จะอยู่ในสภาวะ RESET ทุก ๆ พอร์ทของ 8255 จะถูกเซทให้อยู่ในหมวดอินพุท

PA0-PA7, PB0-PB7 : ขาสัญญาณเหล่านี้จะถูกใช้เป็นพอร์ท I/O ขนาด 8 บิท ใช้ต่อเข้ากับอุปกรณ์ภายนอกอื่น ๆ

PC0-PC7: ขาสัญญาณนี้จะถูกใช้เป็นพอร์ท I/O ขนาด 8 บิทซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 4 บิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อ 8255 เข้ากับ ไมโครคอมพิวเตอร์

ในการต่อ 8255 เข้ากับระบบของไมโครคอมพิวเตอร์นั้น สัญญาณต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจะเหมือนกับการติดต่อ I/O โดยจะนำเอาสัญญาณ A0-A9 จากไมโครคอมพิวเตอร์มาถอดรหัสเพื่อสร้างสัญญาณเลือกพอร์ท แต่เนื่องจาก 8255 มีขาแอดเดรสอินพุทอยู่แล้ว (A0,A1) ซึ่งโดยปกติจะถูกต่อเข้ากับ 8255 โดยตรง นั่นคือ 8255 ตัวหนึ่งจะใช้ค่าพอร์ทแอดเดรสถึง 4 ค่า ส่วนสัญญาณอีก 6 เส้น (A2-A7) จะถูกนำไปใช้ในการถอดรหัสเพื่อทำสัญญาณเลือกชิพให้แก่ 8255 ต่อไป

ในการต่อสายข้อมูล D0-D7 ของ 8255 จะถูกต่อเข้าโดยตรงกับระบบบัสข้อมูล

การจัดแอดเดรสสำหรับพอร์ท I/O ใน IBM/PC

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงวิธีการอ้างและใช้งานแอดเดรสต่าง ๆ ของพอร์ท I/O ที่ใช้งานอยู่ใน IBM/PC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอ้างแอดเดรสของพอร์ท I/O

ในการควบคุมการตรวจสอบสภาวะการทำงาน รวมทั้งการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ที่เป็นชิปชัพพอร์ทหรือการ์ดต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบของ IBM/PC นั้น จะกระทำโดยการผ่านทางพอร์ท I/O ของระบบ ดังนั้นในการที่ใช้งานหรือควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เหล่านี้จึงจำเป็นต้องศึกษาถึงวิธีการควบคุมพอร์ท I/O ต่าง ๆ ของระบบด้วย และเนื่องจากการควบคุมหรือติดต่อพอร์ทเหล่านี้ต้องกระทำโดยการอ้างถึงแอดเดรสของพอร์ท I/O เหล่านั้นโดยตรง เราจึงจำเป็นต้องศึกษาถึงหลักการอ้างแอดเดรสใน IBM/PC

สำหรับแอดเดรสของ I/O พอร์ทต่าง ๆ นั้น จะเป็นแอดเดรสที่ถูกสร้างขึ้นโดย 8088 ซึ่งแอดเดรสเหล่านี้เป็นแอดเดรสที่จัดไว้สำหรับพอร์ท I/O โดยเฉพาะ คือแยกจากแอดเดรสของหน่วยความจำโดยเด็ดขาด ส่วนการส่งข้อมูลให้กับพอร์ทเหล่านี้จะทำได้โดยใช้คำสั่งเอาท์ของ 8088 ส่งข้อมูลไปยังแอดเดรสของพอร์ทที่ต้องการและสำหรับการตรวจสอบหรือการอ่านข้อมูลของพอร์ทก็จะทำได้โดยใช้คำสั่งอินของ 8088 อ่านข้อมูลจากแอดเดรสของพอร์ทที่ต้องการเช่นกัน

ภายในไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 8088 นี้ จะมีแอดเดรสสำหรับพอร์ท I/O ทั้งสิ้น 64 K แอดเดรส ซึ่งทำให้การอ้างแอดเดรสของพอร์ท I/O ที่ทำงานร่วมกับ 8088 นั้น จะใช้จำนวนเส้นแอดเดรสในบัสแอดเดรสทั้งสิ้น 16 เส้น คือ A0-A15 แต่สำหรับใน IBM/PC นี้ถูกออกแบบมาให้ใช้เส้นแอดเดรสเฉพาะ 10 เส้นล่างคือ A0-A9 เท่านั้น ดังนั้นในการอ้างถึงแอดเดรสของพอร์ทของอุปกรณ์หรือชิปชัพพอร์ทใด ๆ ที่ใช้ร่วมกับ IBM/PC จึงใช้จำนวนเส้นแอดเดรสเพียง 10 เส้นด้วย โดยเส้นแอดเดรสที่เหลือคือ A10-A15 จะไม่ถูกนำไปใช้งาน แต่ค่าแอดเดรสบนเส้นแอดเดรสเหล่านั้นยังคงเปลี่ยนแปลงตามค่าแอดเดรสของพอร์ทที่กำหนดไว้ในคำสั่งเอาท์หรืออินอยู่ด้วย เพียงแต่ไม่นำมาดีโค้ดร่วมกับแอดเดรส A0-A9 เท่านั้น

เนื่องจากใน IBM/PC ได้ใช้งานเส้นแอดเดรสเพียง 10 เส้น (คือ A0-A9) ดังนั้น จึงสามารถอ้างแอดเดรสของพอร์ทได้สูงสุดเพียง 1024 พอร์ท เท่านั้น นอกจากนี้ในกรณีที่เป็นการอ่านข้อมูลจากพอร์ทของ IBM/PC ข้อมูลในบิท A9 จะถูกจัดให้มีหน้าที่ในการแบ่งพอร์ททั้ง 1024 พอร์ทออกเป็นสองส่วนอีกด้วย กล่าวคือ ถ้าข้อมูลในบิท A9 เป็น 0 แล้ว เราจะทำการอ่านข้อมูลได้เฉพาะจากพอร์ทของอุปกรณ์หรือชิปชัพพอร์ทต่าง ๆ ที่อยู่บนเมนบอร์ทของ IBM/PC เท่านั้น แต่ถ้าข้อมูลในบิท A9 เป็น 1 ก็จะทำการอ่านข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มูลได้เฉพาะจากพอร์ทที่อยู่บนการ์ดต่าง ๆ เท่านั้น

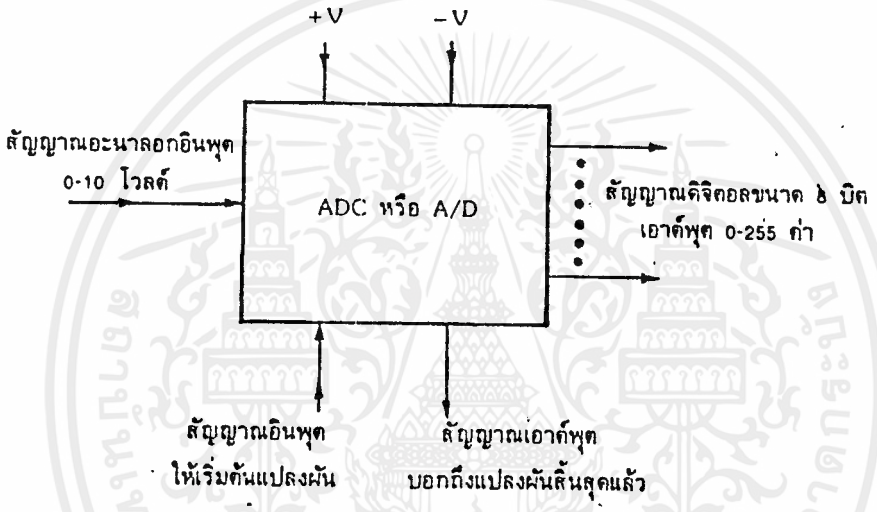
สำหรับในกรณีของการส่งข้อมูลให้กับพอร์ททั้ง 1024 พอร์ท เราสามารถที่จะเลือกส่งไปยังพอร์ทใด ๆ ใน IBM/PC ได้ ดังนั้นการเลือกแอดเดรสสำหรับพอร์ทที่อยู่บนการ์ดจึงสามารถทำได้โดยสะดวก แต่อย่างไรก็ตาม สิ่งหนึ่งที่จะต้องคำนึงถึงก็คือค่าแอดเดรสที่เราเลือกให้กับพอร์ทนี้ตรงกับค่าแอดเดรสเดิมที่มีอยู่บนเมนบอร์ดแล้ว เมื่อเราทำการส่งข้อมูลให้กับพอร์ทที่อยู่บนตำแหน่งแอดเดรสนี้ก็จะเท่ากับเป็นการส่งข้อมูลให้กับพอร์ทที่อยู่บนเมนบอร์ดและพอร์ทที่อยู่บนการ์ดด้วย ซึ่งในกรณีเช่นนี้ อาจก่อให้เกิดความผิดพลาดได้เช่นกัน ดังนั้น ในการกำหนดค่าแอดเดรสให้กับพอร์ทที่ถูกสร้างขึ้นบนการ์ดต่าง ๆ จึงควรใช้ค่าแอดเดรสที่แอดเดรสบิท A9 มีค่าเป็น 1 เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงาน ของ 0804

0804 เป็น ไอซีที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล 8 บิท เพื่อส่งข้อมูลให้กับไมโครคอมพิวเตอร์ต่อไป

0804 บรรจุด้วยวงจรเนตเวิร์ค 256R จะรับค่าสัญญาณอนาลอกโดยเปรียบเทียบความแตกต่างของขาอินพุททั้งสอง(IN(+)-IN(-) วงจรแลดเดอร์จะทำการแปลงสัญญาณเป็นดิจิตอลตั้งแต่ค่า 0000 0000 จนถึงค่า 1111 1111 (255)



รูปที่ 11 รูปแสดงการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

การเปลี่ยนแปลงค่าจากสัญญาณอนาลอกซึ่งให้ค่า 0-5 V เป็นสัญญาณดิจิตอล 0-255 (ฐานสิบ) แรงดันอินพุทช่วงใดๆ ที่ทำให้เปลี่ยนค่าดิจิตอลไป 1 ค่า

แรงดันอินพุทมากที่สุด/ค่าดิจิตอลมากที่สุด = 5/255

= 0.0195

ประมาณ 0.02 โวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั่นคือ ค่าแรงดันอินพุททุกๆ 0.02 โวลท์ จะทำให้ค่าตัวเลขดิจิตอลเปลี่ยนไปเป็น 1

การเปลี่ยนค่าดิจิตอลที่อ่านได้โดย IBM PC เป็นแรงดันอินพุทสามารถกระทำได้โดยการแทนค่าในสมการต่อไปนี้

$$\text{แรงดันอินพุท} = \text{ตัวเลขที่อ่านได้} * (5/255)$$

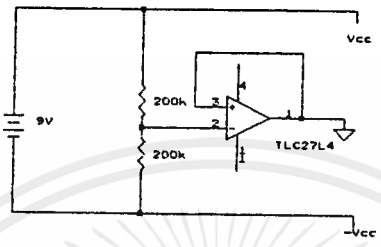
วงจรจะสร้างสัญญาณนาฬิกา (clock) ความถี่ 640 kHz จะถูกต่อเข้าเป็นสัญญาณนาฬิกา clockให้ ADC ซึ่งจะทำให้ได้เวลาที่ใช้ในการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล 8 บิท (convertion time) เท่ากับ 100μs ซึ่ง ADC จะรับสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วส่งไปที่พอร์ท A ของ 8255 ต่อไปเพื่อส่งต่อไปยังไมโครคอมพิวเตอร์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการสร้าง

หลักการคำนวณวงจร

1. วงจรแบ่งแรงดัน ต่อวงจรดังรูป



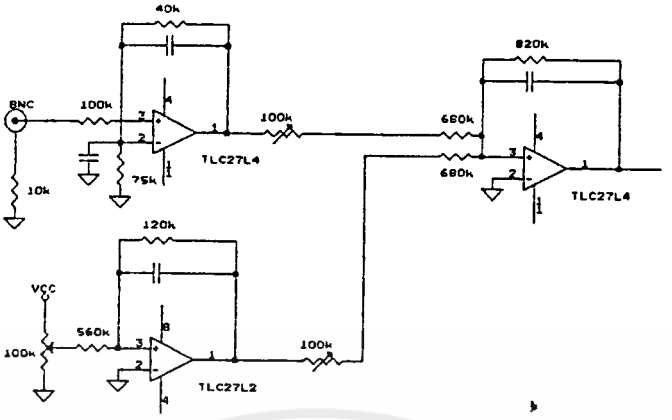
รูปที่ 12 รูปแสดงวงจรแบ่งแรงดัน

ให้แหล่งจ่ายแรงดันจาก แบตเตอรี่ 9 V โดยให้ขั้วบวกต่อเข้า V_{cc} และ ขั้วลบต่อเข้ากับ $-V_{cc}$ ต่ออนุกรมความต้านทาน 2 ตัว ที่มีขนาดเดียวกันเข้าระหว่าง V_{cc} และ $-V_{cc}$ เรากำหนดที่ขา 3 ให้มีศักดา 0 โวลท์ โดยใช้วงจร บัฟเฟอร์ เอาท์พุท ต่อที่กราวด์ ฉะนั้นที่ขา 3 (อินพุท) จะมีค่า โวลเตท เป็น 0 ซึ่งเป็นผลให้ V_{cc} มีขนาดแรงดันเท่ากับ 4.5 V และ $-V_{cc}$ มีขนาดเท่ากับ - 4.5 V

2. ออกแบบวงจรที่รับค่าจากเซ็นเซอร์ ให้ค่าความต้านทานขาเข้า (input impedance) มีค่าสูง เพื่อที่สัญญาณที่เอาท์พุทมีค่าถูกต้อง โดยต่อเข้ากับวงจรขยายแบบไม่กลับ

3. ให้ อินพุท เท่ากับ 0 V เพื่อให้ได้เอาท์พุท มีค่าเท่ากับ 700 mV จึงต่อวงจรกรับแรงดันให้ได้ค่าประมาณ 3 โวลท์ แล้วนำไปเข้าวงจรขยายสัญญาณ เพื่อสร้างแรงดันอ้างอิง จากนั้นนำไปเข้าวงจรขยายอีกครั้งหนึ่ง โดยมีความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อปรับค่าแรงดันเอาท์พุทให้มีค่าเท่ากับ 7.00 โวล์ทตามที่ต้องการ พิจารณาจากรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 13 รูปแสดงวงจร pH แอมพลิไฟเออร์

4. ที่ pH 4.00 อิเลคโตรด จะให้ศักดามีค่าเท่ากับ +175 mV ฉะนั้นจึงต้องออกแบบให้เอาท์พุท ที่ขา 8 ต้องมีค่า 1.000 mV ในการคำนวณจะไม่พิจารณาส่วนที่ปรับอุณหภูมิ ดังนั้นตัดค่า R 39k และ R vary ที่ใช้ปรับค่า Temp. ทิ้งไปก่อน นำสัญญาณที่ได้จากวงจรขยายในข้อ 2 มารวมกับแรงดันอ้างอิง แล้วนำไปเข้าวงจรขยายเพื่อให้ได้แรงดันเอาท์พุทเท่ากับ 0.400 โวล์ท ตามที่ต้องการ

5. ที่ pH 10.00 อิเลคโตรด จะให้ศักดามีค่าเท่ากับ -175 mV ฉะนั้นจึงต้องออกแบบให้เอาท์พุท ที่ขา 8 ต้องมีค่า 1.000 mV ในการคำนวณจะไม่พิจารณาส่วนที่ปรับอุณหภูมิ ดังนั้นตัดค่า R 39k และ R vary ที่ใช้ปรับค่า Temp. ทิ้งไปก่อน นำสัญญาณที่ได้จากวงจรขยายในข้อ 2 มารวมกับแรงดันอ้างอิง แล้วนำไปเข้าวงจรขยายเพื่อให้ได้แรงดันเอาท์พุทเท่ากับ 1.000 โวล์ท ตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบส่วนที่ใช้เชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์

- ส่วนในการรับค่า pH จากเซ็นเซอร์
- ส่วนปรับแต่งสัญญาณ
- ส่วนแปลงสัญญาณ อนาลอกเป็นดิจิตอล
- ส่วนเชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์

รูปที่ 14 รูปแสดงขั้นตอนการทำงาน

ภาคปรับแต่งสัญญาณ

เนื่องจากสัญญาณที่จะส่งไปอุปกรณ์แปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล จำเป็นต้องมีการปรับระดับสัญญาณให้เหมาะสมกับอุปกรณ์แปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ในโครงงานนี้ใช้ไอซี ADC 0804 ซึ่งต้องการสัญญาณเข้า 0 - 5 โวลท์ ฉะนั้นใช้ไอซี741 เพื่อแปลงสัญญาณเป็น 0 - 5 โวลท์

ภาคแปลงสัญญาณจากสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

ก่อนที่จะมีการประมวลผลสัญญาณที่รับจากการวัดค่า pHของสารละลาย ด้วยคอมพิวเตอร์ จะต้องมีการแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลเสียก่อน ในโครงงานนี้เลือกใช้ไอซี ADC 0804 ซึ่งเป็น cmos deviceมีความเร็วและความถูกต้องแม่นยำสูง มีช่วงเวลาการแปลงสัญญาณ (convertion time) 100μs ทำงานที่ความถี่ 640 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

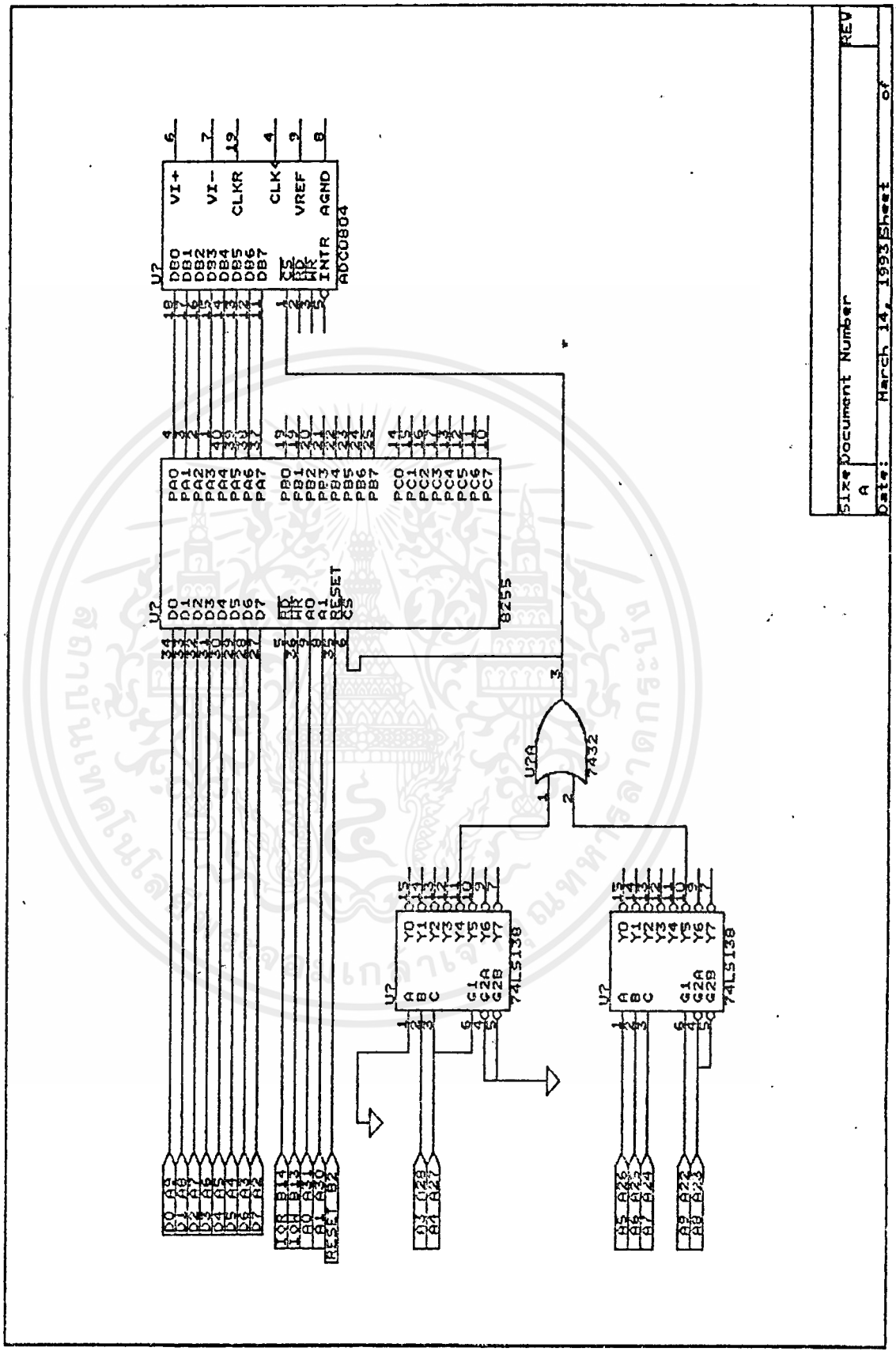
การถอดรหัสเพื่อสร้างสัญญาณไปเลือกชิพ

ในการถอดรหัสเพื่อสร้างสัญญาณไปเลือกชิพ ต้องออกแบบวงจรถอดรหัส โดยการนำเอาสายสัญญาณ A2-A9 มาทำการถอดรหัส ในโครงงานนี้ใช้การถอดรหัสแบบเปลี่ยนแปลงแอดเดรสไม่ได้ ซึ่งจะต้องใช้แอดเดรสที่ไม่ซ้ำกับแอดเดรสที่มีอยู่แล้ว สัญญาณที่ได้จากวงจรถอดรหัส จะถูกต่อกับขา CS ของ 0804 และ 8255 เพื่อสั่งให้ทั้ง 0804 และ 8255 ทำงาน

เชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์

สัญญาณดิจิตอลที่ได้จากส่วนแปลงสัญญาณแล้ว สัญญาณที่ได้จะถูกส่งไปที่พอร์ต A ของ 8255 ซึ่งจะทำการส่งต่อข้อมูล ไปยังไมโครพิวเตอร์ ซึ่งจะเขียนซอร์ฟแวร์สำหรับจัดเก็บข้อมูลลงบนแอดเดรสของซีพียู ของไมโครคอมพิวเตอร์ หรือเก็บข้อมูลลงบนเมนบอร์ด เมื่อได้ข้อมูลที่ต้องการเรียบร้อยแล้ว จะใช้ซอร์ฟแวร์ในการดึงข้อมูลจากหน่วยความจำนี้ไปประมวลผล และทำการแสดงผลออกทางจอภาพของคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 15 รูปแสดงวงจรในการเชื่อมต่อกับ IBM PC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบายการออกแบบวงจรบนการ์ดอินเทอร์เฟส

เริ่มต้นด้วยการต่อขา D0-D7,IOR,IOW,RESET,A0-A1 ในสลอต กับ 8255 เข้าด้วยกัน นำขา A2-A9 ,มาต่อในวงจรถอดรหัสซึ่งใช้ไอซี 138 สองตัว นำเอาท์จากทั้งสองตัวไปเข้า ออร์เกต (OR GATE) จากนั้นนำเอาท์พุทจากออร์เกตซึ่งมีค่าเท่ากับ "0" ไปต่อกับขา CS ของ 0804 และ 8255 เพื่อสั่งให้ไอซีทั้งสองตัวทำงาน

ต่อวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล โดยใช้ไอซี 0804 ต่อขา D0-D7 เข้ากับขา PA0-PA7 ของ 8255 เนื่องจากใช้พอร์ท A เป็นพอร์ทอินพุท ต่อความต้านทาน 10 k และ ตัวเก็บประจุ 150 pF เพื่อใช้สร้างวงจรกำเนิดความถี่ 640 kHz เพื่อใช้ในวงจรต่อไป ต่อขาIN(-)เข้ากับกราวด์ และขาIN(+)เข้ากับสัญญาณเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

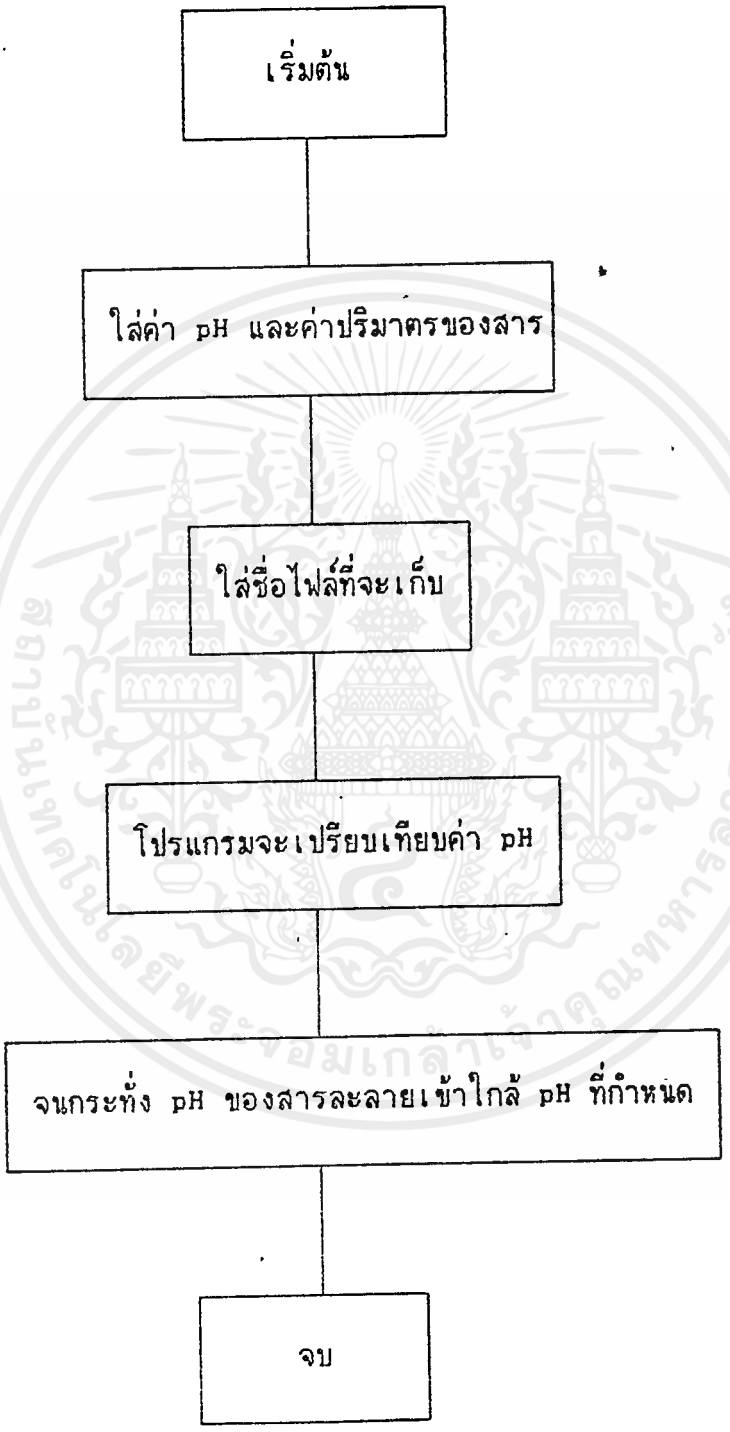
ในส่วนต่อไปจะเป็นการออกแบบโปรแกรมโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1 ในส่วนของการออกแบบโปรแกรมบันทึกข้อมูล ของค่า pH ต่อ ปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงไปมาเก็บไว้ในไฟล์

2 ในส่วนของการออกแบบโปรแกรมเพื่ออ่านค่าข้อมูลมาเพื่อวิเคราะห์และนำข้อมูลไปพลอตกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

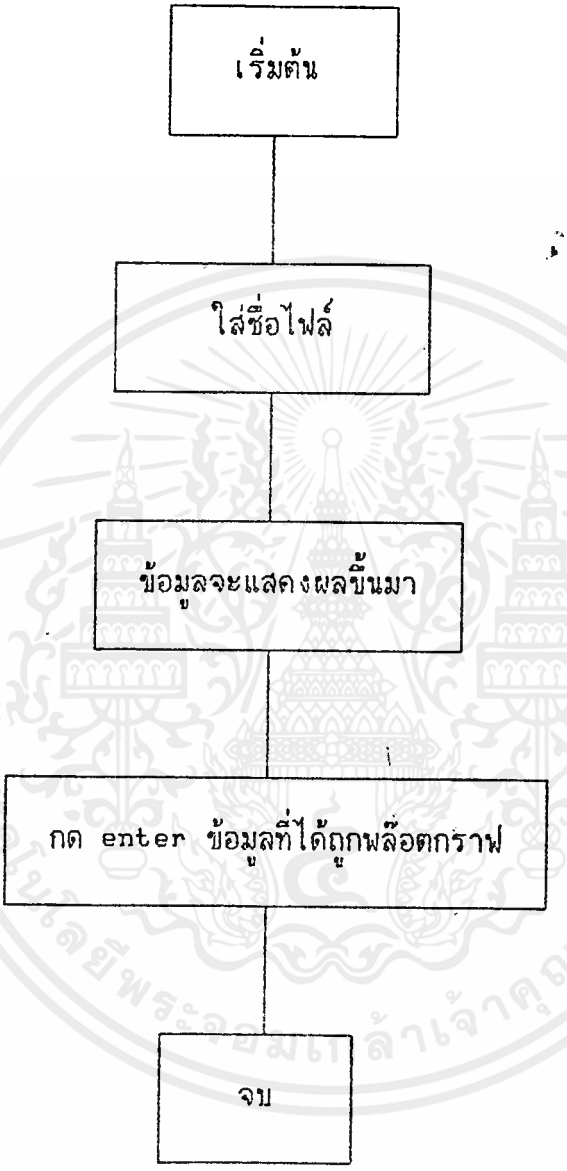
โปรแกรมในส่วนที่ 1 จะมีการทำงานตาม flow chart ต่อไปนี้



รูปที่ 16 แผนผังการใช้โปรแกรมเก็บค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมในส่วนที่ 2 จะมีการทำงานตาม flow chart ต่อไปนี้



รูปที่ 17 แผนผังการใช้โปรแกรมเขียนกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
program one ;
  uses crt,graph;
      var  phcon,refer : real;
           volume,per : integer;
  procedure displayframe(numlines,numcols: integer);
      var  line,topline,col,i,j,k,l : integer;
    begin
      if numlines >80 then numlines := 80 ;
       if numcols >21 then numlines :=21  ;
         i  := (80-numlines) div 2;
         j  := (25-numcols) div 2;
          k :=  j+ numcols  ;
          l := i+numlines;
        gotoxy(i,j);  writeln(#218);
        gotoxy(i,k);  write(#192);
        gotoxy(l,j);  write(#191);
        gotoxy(l,k);   write(#217);
        gotoxy(i +1,j);
       for topline :=i to l-2 do
        write('',#196,'');
        gotoxy(i+1,k);
       for line :=i to l-2 do
        write('',#196,'');
        gotoxy(i,j+1);
       for col :=j+2 to k do
        begin
          writeln( '',#179,'');
          gotoxy(i,col);
                                end ;
          gotoxy(l,j+1);
       for col :=j+2 to k do
        begin
          writeln( '',#179,'');
          gotoxy(l,col);
                                  end;
                                    end;

  procedure vit(phcon,refer: real; volume,per : integer);
      var   grdriver,grmode : integer;
            s1,s2,s3,s4 : string ;
      begin
          grdriver := detect ;
          initgraph(grdriver,grmode,'');
            setbkcolor(15);
            setfillstyle(1,12);
            bar(175,75, 475,110);
            moveto(190,90); setcolor(4);
            outtext(' pH control = ');
            str(phcon:0:2,s1);
            outtextxy(300,90,s1);
            setfillstyle(1,11);
            bar(175,165, 475,200);
            moveto(190,180);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          outtext(' ph refer = ');
          str(refer:0:2,s2);
          outtextxy(300,180,s2);
          setfillstyle(1,10);
          bar(175,255, 475,290);
          moveto(190,270);
          outtext(' volume of solution = ');
          str(volume,s3);
          outtextxy(365,270,s3);
          setfillstyle(1,9);
          bar(175,345, 475,380);
          moveto(190,360);
          outtext(' volume per unit = ');
          str(per,s4);
          outtextxy(340,360,s4);
            delay(650);
               setcolor(12);
                 moveto(207,440);
        outtext('press enterkey to begin record pH ');
                                  readln;
                                  closegraph
                                        end;

procedure writefile (phcon : real ; volume,per :integer);
    type  person = record
                     pH    : real  ;
                  volumes : integer;
                                  end;
     var           fp   : file of person ;
                 data : person ;
               tranph : real;
             filename : string[12];
                 i,j : integer;
     begin
       port[$02b3] :=$90;
       writeln('filename to record ?');
       readln(filename);
       writeln('if process to control press enterkey ');
                                       readln;
       assign(fp,filename) ; rewrite(fp);
      with data do
        begin
          tranph :=port[$02b0];
          i:=14; j := 256;
         ph:=  (i* (tranph))/j;
         volumes:=volume;
              delay(100);
         writeln('',volumes:10,'',ph:20:2);
      while ph <=phcon  do
         begin
           write(fp,data);
           writeln('if you control again press enterkey');
                                          readln;
           volumes :=volumes+per;
           port[$02b0] :=0;
           tranph := port[$02b0];
           ph:= (i*(tranph))/j;
              delay(100);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        writeln('',volumes:10,'',ph:20:2);
                                        end
                                          end;
                                           close(fp);
                                            end;
begin  {main}
    clrscr;
     displayframe(44,19);
     gotoxy(30,7);
     writeln('enter pH refence');
     gotoxy(30,8);
     write('pH refrence = ');
     readln(refer);
     gotoxy(30,10);
     writeln('volume sample');
     gotoxy(30,11);
     write('volume = ');
     readln(volume);
     gotoxy(30,13);
     writeln('volume  per  unit');
     gotoxy(30,14);
     write('volume per unit = ');
     readln(per);
     gotoxy(30,17);
     writeln('enter pH control');
     gotoxy(30,18);
     write('pH control = ');
     readln(phcon);
      vit(phcon,refer,volume,per);
       writefile(phcon,volume,per);
                                        end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
program  readfile ;
 uses crt,graph;
     type person = record
                      ph : real;
                  volume  : integer;
                               end;
    var     grdriver,grmode : integer;
            grph,grvolume, f,g,i,k, x,y,dix,diy : integer;
            s3,s2, st,s1: string;  fp : file of person ;
            tranph : array[1..100] of integer;
            tranvo : array[1..100] of integer;
            data : person ;
            a,b,c, count : integer;
            filename : string[12];
       begin
         write('filename ? ');
         readln(filename);
          clrscr;
           assign(fp,filename);
           grdriver := detect;
           initgraph(grdriver,grmode,'');
           reset(fp);
           a:=1; b:=1 ;
           f:=20; g:=20;
           reset(fp);
       while not eof(fp) do
         begin
             seek(fp,a);
             read(fp,data);
             str( data.volume,s2);
             str(data.ph:0:2,s3);
             moveto(20,10);
             setcolor(2);
             outtext('pH');
             moveto(65,10);
             outtext('volume');
             setcolor(13);
             outtextxy(f,g,s3);
             outtextxy(f+70,g,s2);
             tranvo[b] := 220+ data.volume;
             tranph[b] := 415 - (round(data.ph*50));
             b:=b+1 ; a:=a+1; g:=g+20;
                                          end;
                                           readln;
       begin
       setcolor(14);
       setbkcolor(8);
        line(220,65,220,getmaxy-65);
        line(220,getmaxy-65,620,getmaxy-65);
          begin
              delay(100);
                dix:= 320 ;
                line(dix,415- 8,dix,415+8);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      repeat
        delay(100) ;
        dix:=dix+100;
        line(dix,415-8,dix,415+8);
          until dix=620;
          delay(100);
           dix :=230;
           line (dix,415-3,dix,415+3);
        repeat
             delay(20) ;
          dix:=dix+10;
          line(dix,415-3,dix,415+3);
          until dix=620;
                                    end;
begin
        delay(100);
         diy :=415-50 ;
      line(220+8,diy,220-8,diy);
  repeat
       delay(100);
       diy :=diy-50;
       line(220+8,diy,220-8,diy);
         until diy =65;
                                   end;
begin
  moveto(180,50);
  outtext('ph');
  moveto(605,455);
  outtext('CM');
  str(3,st);
 outtextxy(622,445,st);
  diy :=65;
   for k:=7 downto 0 do
    begin
      str(k,s1);
      outtextxy(195,diy,s1);
      diy:=diy+50;
                                    end;
     dix:=305;
for k:=1 to 4 do
  begin
    i:=k*100;
   str(i,s1);
   outtextxy(dix,428,s1);
   dix :=dix+100;
                                   end;
                                      end;

setcolor(12);
 for c:=1  to a do
  begin
   circle(tranvo[c] ,tranph[c],2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                                    end;
                              delay(1000);
                                          end;
     b:=1;
  setcolor(11);
while b< a-1 do
  begin
     c:= b+1;
    line(tranvo[b],tranph[b],tranvo[c],tranph[c]);
                         delay(300);
     c:=c+1; b:=b+1;
                                       end;
                                        readln;
                                         closegraph;
                                            close(fp);
                                             end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

วิธีเตรียมการทดลอง

1 วัดค่า pH เพื่อใช้ในการทดลอง (pH ของสารสารละลายและ pH ของสารที่ใช้เติม)

การใช้เครื่อง pH มิเตอร์

การใช้ pH มิเตอร์ มีลำดับขั้นตอนต่อไปนี้ เมื่อสารที่ต้องการวัดเป็นเบส

1.ปรับ สวิทช์ ไปที่ pH

2.ปรับค่าอุณหภูมิของสารละลายให้เหมาะสมโดยใช้ Temp เป็นตัวปรับ

3.ใส่จุ่ม อิเล็กโตรด ลงในสาร บัฟเฟอร์ pH 7 แล้วทำการปรับ สอบเทียบ ให้มีค่า pH = 7.00 แล้วหลังจากนั้นก็นำ อิเล็กโตรด มาล้างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาดแล้วใช้ทิชชูเช็ดที่กระเปราะ อิเล็กโตรด

4.จุ่ม อิเล็กโตรด ลงในสาร บัฟเฟอร์ pH 10 แล้วทำการปรับ สโลป ให้มีค่า pH 10.00 แล้วนำ อิเล็กโตรด มาล้างด้วยน้ำกลั่นอีกครั้ง

5.จุ่ม อิเล็กโตรด ลงในสารละลายตัวอย่าง (sample) ที่ต้องการวัดได้เลย

6.ถ้าต้องการวัดสารสารละลายตัวอย่างอื่น ๆ ที่เป็นกรดอีก สามารถกระทำได้เลยโดยไม่ต้องทำการสอบเทียบ และปรับสโลป ต้องขั้นตอนในข้อ 4 ถึง 7 เพียงแต่ในการวัดแต่ละครั้งต้องล้าง อิเล็กโตรด ให้สะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ pH มิเตอร์ มีลำดับขั้นตอนต่อไปนี้ เมื่อสารที่ต้องการวัดเป็นกรด

1.ปรับ สวิทช์ ไปที่ pH

2.ปรับค่าอุณหภูมิของสารละลายให้เหมาะสมโดยใช้ Temp เป็นตัวปรับ

3.จุ่ม อิเล็กโตรด ลงในสาร บัฟเฟอร์ pH7 แล้วทำการปรับ สอบเทียบ ให้มีค่าpH 7.00 แล้วหลังจากนั้นก็นำ อิเล็กโตรด มาล้างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาดแล้วใช้ทิชชูเช็ดที่กระเปราะ อิเล็กโตรด

4.จุ่ม อิเล็กโตรด ลงในสาร บัฟเฟอร์ pH= 4 แล้วทำการปรับ สโลป ให้มีค่า pH = 4.00 แล้วนำ อิเล็กโตรด มาล้างด้วยน้ำกลั่นอีกครั้ง

5.จุ่ม อิเล็กโตรด ลงในสารละลายตัวอย่าง (sample) ที่ต้องการวัดได้เลย

6.ถ้าต้องการวัดสารสารละลายตัวอย่างอื่น ๆ ที่เป็นเบสอีก สามารถกระทำได้เลย โดยไม่ต้องทำการสอบเทียบ และปรับ สโลป ต้องขั้นตอนในข้อ 4 ถึง 7 เพียงแต่ในการวัดแต่ละครั้งต้องล้าง อิเล็กโตรด ให้สะอาด

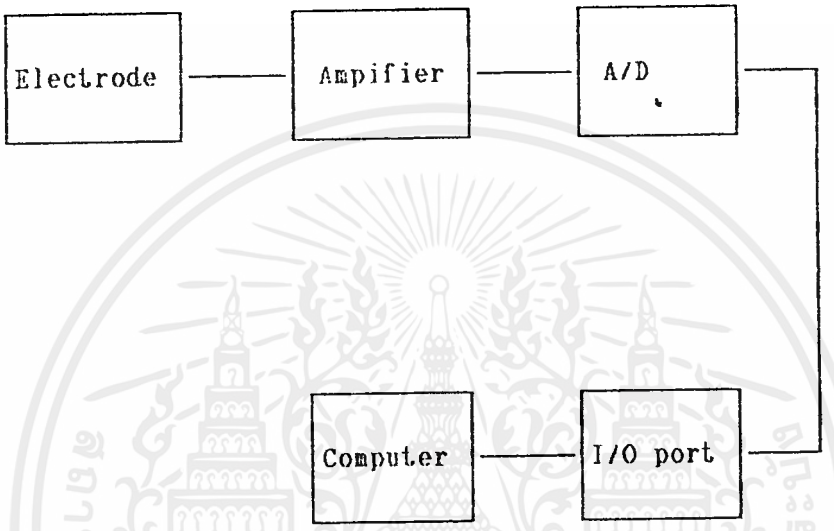
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 วัดค่าปริมาตรของสารที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่

2.1 ปริมาตรของสารที่ต้องการควบคุม

2.2 ปริมาตรของสารที่ใช้ท่าใช้เติมเพื่อท่าให้ค่า pH เปลี่ยนแปลง

3 เชื่อมอุปกรณ์ส่วนต่าง ๆ ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 18 รูปแสดงการทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีทำการทดลอง

1 จากการเตรียมการทดลอง เราจะทราบค่าดังต่อไปนี้

- pH solution
- pH chemical add
- volume of solution
- volume per unit
- pH control

ถ้าหากสารนั้นเป็นกรดต้อง pH control ต้องอยู่ในช่วงที่เป็นกรด

ถ้าหากสารนั้นเป็นเบสต้อง pH control ต้องอยู่ในช่วงที่เป็นเบส

เพื่อเตรียมเป็นข้อมูลป้อนให้กับคอมพิวเตอร์

2 ป้อนค่า pH control =

ป้อนค่า pH chemical add =

ป้อนค่า Volume of solution =

ป้อนค่า volume per unit =

3 ใส่ชื่อไฟล์ที่เราต้องการบันทึกผลของข้อมูลของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเอาไว้

4 เมื่อหน้าจอขึ้นคำว่า if process to control press enter enterkey ให้กด enterkey เพื่อเป็นการเริ่มต้นเก็บข้อมูล

5 กด enterkey 1 ครั้งเพื่อทำการเก็บข้อมูลในครั้งนั้น ๆ จนกระทั่งโปรแกรมหยุดทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองครั้งที่ 1

ป้อนค่า pH control = 5.0

ป้อนค่า pH chemical add = 3.0

ป้อนค่า Volume of solution = 10

ป้อนค่า volume per unit = 20

pH	volume
3.5	10
3.98	30
4.2	50
4.34	70
4.45	90
4.54	110
4.61	130
4.67	150
4.72	170
4.78	190
4.82	210
4.86	230
4.89	250
4.93	270
4.96	290
4.99	310

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองครั้งที่ 2

ป้อนค่า pHcontrol = 5

ป้อนค่า pH chemical add = 3

ป้อนค่า Volume of solution = 30

ป้อนค่า volume per unit = 20

pH	volume
5	30
5.22	50
5.36	70
5.47	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุป

สรุปผลการทดลอง

เมื่อจุ่มอิเลคโทรด ในสารละลาย pH มิเตอร์จะวัดค่า pH สารละลาย ค่า pH ของสารละลายในขณะนั้นจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นสัญญาณ ค่าสัญญาณที่เข้ามาจะมาขยายสัญญาณโดยวงจรแอมป์ปิฟลายเออร์ สัญญาณอะนาลอกที่ได้จะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลโดยวงจร A/D สัญญาณดิจิตอลที่ได้จะเป็นข้อมูล 8 บิทผ่านเข้าไปที่ คอมพิวเตอร์เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

หลังจากที่คอมพิวเตอร์รับข้อมูลเข้ามาแล้ว โปรแกรมที่เขียนไว้จะทำการเปรียบเทียบค่า pH solution กับ pH control ถ้าหากว่าค่า pH solution มีค่าที่แตกต่างจาก pH control มาก ก็ให้หยดปริมาตรของ pH chemical add แล้วกด enterkey เพื่อให้โปรแกรมทำการเปรียบเทียบ pH solution กับ pH control ต่อไปอีก จนกระทั่งค่า pH solution มีค่าเข้าใกล้ pH control มากที่สุดก่อนที่จะหลุดจากโปรแกรมโดยจะไม่รับค่าที่ pH solution มากกว่า pH control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

สำหรับวิชาโครงงาน 1 และ 2 นี้ต้องขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์วิทยา ทิพย์สุวรรณ์พร และ คุณ สมชัย หัวหน้าแล็บของบริษัท หริกุล จำกัด ที่ช่วยสาธิตวิธีการใช้ electrode มา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

เอกสารอ้างอิงที่เป็นหนังสืออ้างอิงภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

1 นุกูล กระจาย "เทอร์โบปาสคาล " หน้าที่ 405-450

2 ชัชวาล ยนต์หงส์ " แนะนำภาษาเทอร์โบปาสคาลด้วยเทอร์โบปาสคาล " หน้าที่ 141-146

3 สุรศักดิ์ สงวนพงษ์ " แอดวานซ์เทอร์โบปาสคาล " หน้าที่ 23-25

4 ธานินทร์ ถาวรศาสนวงศ์ และ ทินกร ตุ๊ก ." การอินเทอร์เฟส IBM PC " หน้าที่ 43-51

5 จิติ หนูแก้ว " เทคนิคการเชื่อมต่อ IBM PC " หน้าที่ 53-72

6 พรเทพ คุณงาม " การวิเคราะห์เคมี " หน้าที่ 120-148

7 " THE pH AND CONDUCTIVITY HANDBOOK " OMEGA COMPANY PP. Z-3 - Z-8

8 " INTERSIL HANDBOOK " INTERSIL COMPANY pp.2-88 -2-91

9 Jame W.Coffron " Z80 APPLICATIONS " pp.113-122

เอกสารอ้างอิงที่เป็นสารสารภาษาอังกฤษ

1 "Ag/AgCl GLASS pH ELECTRODES INSTRUTION MANUAL" ORION pp. 4-8

2 " Nation simiconductor corporation ADC0801,ACD0802,ACD 0803, A04CD08,ACD0805 up compabile A/D convertters " pp.3-16-3-20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้